



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**GESTÃO TERRITORIAL EM FAIXAS DE SERVIDÃO DE LINHAS  
DE TRANSMISSÃO PROPENSAS À INVASÃO UTILIZANDO  
LÓGICA DIFUSA**

**JULIA CUCCO**

**FLORIANÓPOLIS**

**2011**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GESTÃO TERRITORIAL EM FAIXAS DE SERVIDÃO DE LINHAS DE  
TRANSMISSÃO PROPENSAS À INVASÃO UTILIZANDO LÓGICA  
DIFUSA.

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira

JULIA CUCCO

Florianópolis, 25 de novembro de 2011.

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

C963g Cucco, Julia

Gestão territorial em faixas de servidão de linhas de transmissão propensas à invasão utilizando lógica difusa [dissertação] / Julia Cucco ; orientador, Francisco Henrique de Oliveira. - Florianópolis, SC, 2011.

115 p.: il., grafs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia civil. 2. Servidão. 3. Lógica difusa. 4. Energia elétrica - Transmissão - Santa Catarina. I. Oliveira, Francisco Henrique de. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 624

GESTÃO TERRITORIAL EM FAIXAS DE SERVIDÃO DE LINHAS DE  
TRANSMISSÃO PROPENSAS À INVASÃO UTILIZANDO LÓGICA  
DIFUSA.

JULIA CUCCO

Dissertação julgada adequada para a obtenção do  
Título de MESTRE em Engenharia Civil e  
aprovada em sua forma final pelo Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC  
da Universidade Federal de Santa Catarina -  
UFSC.

---

Prof. Dr. Roberto Caldas de Andrade Pinto - Coordenador do PPGEC

---

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira - Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira - ECV/UFSC

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Maria Cecília Bonato Brandalize - Membro externo - UFPR

---

Prof. Dr<sup>ª</sup>. Lia Caetano Bastos - Membro - ECV/UFSC

---

Prof. Dr. Jurgen Wilhelm Philips - Membro - ECV/UFSC

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Mariane Alves Dal Santo - Membro - UDESC



*Àquela que tenho e sigo  
como exemplo em minha vida.*





## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pelo amor que faz brotar em mim.

À minha família por toda dedicação e carinho a mim dispensados.

Ao meu amor, por me acompanhar e participar em todas as etapas da minha vida.

Aos meus queridos amigos de valor inestimável que me renovam a cada dia incentivando-me a alcançar meus objetivos.

Agradeço os ensinamentos dos professores do curso que ampliaram meu conhecimento, em especial, como não poderia deixar de ser, ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira por todas as oportunidades proporcionadas ao longo de tanto tempo.

Agradeço aos integrantes do Laboratório de Geoprocessamento pela amizade e conhecimento dividido neste período.

Agradeço à Eletrosul pela disponibilidade necessária para viabilizar este estudo.

À CAPES pelos recursos destinados para fomento de meu aprendizado.

À todos que de diferentes maneiras contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada.



## **RESUMO**

O sistema de transmissão de energia elétrica demanda restrições quanto à utilização de suas áreas adjacentes devido à alta-tensão dos cabos de energia. Apesar das restrições serem instituídas por lei, há um crescente número de ocupações irregulares nestas áreas. Considerando a finalidade de monitoramento e gestão nas Faixas de Servidão - áreas adjacentes à linha de transmissão - o estudo apresentado tem por objetivo estabelecer um modelo a partir das premissas da Lógica Difusa para indicar a propensão em relação à invasão em um trecho de transmissão localizado no Estado de Santa Catarina, gerenciado pela Eletrosul/Eletróbrás Centrais Elétricas, indicando as áreas que atraem novas invasões. A atratividade foi gerada através da integração de quatro variáveis consideradas determinantes para que haja ocupação, a citar a) Uso e ocupação do solo, b) Proximidade das vias, c) Declividade e d) Distanciamento das torres. O produto final caracterizou um modelo de propensão à invasão que possibilita desenvolver ações preventivas pela concessionária nos locais da Faixa de servidão apontados com altas chances de invasão.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Faixas de Servidão; Ocupação irregular; Lógica Difusa



## **ABSTRACT**

Power Line Transmissions Systems demand restrictions on the use of its adjacent areas due to its high voltage power cables. Despite the fact that many restrictions are imposed by law, there is a growing number of illegal occupation in those areas. Having in mind the purposes of monitoring and management of Transmission line corridors - adjacent areas to the transmission lines - the study presented aims to establish a model from the premises of Fuzzy Logic to indicate the inclination to raid on a section located in a section of a transmission line located in Santa Catarina State. The corridor area, focus of this research managed by Eletrosul/Eletróbrás, is used here as a reference for a suggested principle of methodology in areas that attract new invasions. The appeal of that area was generated from the establishment of weights to the four variables considered crucial for occupation, as follow a) land use, b) neighborhood road, c) slope and d) proximity between towers. The final product featured a model that allows invasion propensity to develop preventive actions by the local utility right of way indicated a high chance of invasion.

### **KEY-WORDS:**

Transmission line corridor; Illegal occupation; Fuzzy Logic.



## **Lista de Figuras**

Figura 1	Esquema ilustrativo do sistema de energia elétrica.	37
Figura 2	Ilustrativo sobre as diferentes tensões e suas respectivas Faixas de Servidão.	46
Figura 3	Exemplo adaptado de espaçamentos de Faixa de Servidão nos Estados Unidos.	47
Figura 4	Indicação das zonas ou áreas restritivas da Faixa de Servidão em relação à torre.	49
Figura 5	Indicação de uma das parcelas do trecho de transmissão e suas informações levantadas.	56
Figura 6	Invasões em Faixa de Servidão em um trecho da CEMIG.	58
Figura 7	Utilização da Faixa de Servidão para fins comerciais.	59
Figura 8	Apresentação do trecho de estudo no estado de Santa Catarina	70
Figura 9	Fluxograma do processamento proposto para o modelo de propensão a partir da Lógica Difusa.	78
Figura 10	Banco de dados das variáveis contendo as classes interpretadas e seus respectivos pesos de propensão.	79
Figura 11	Representação do mapeamento executado para as quatro variáveis com indicação dos pesos aplicados	81
Figura 12	Representação do processamento difuso para as quatro variáveis a partir da função de pertinência linear.	85
Figura 13	Representação do modelo difuso de propensão à	88

ocupação em Faixas de Servidão de Linhas de Transmissão.

- |           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Figura 14 | Tela de acompanhamento dos dados de invasão da Concessionária CTEEP                           | 99  |
| Figura 15 | Trecho de transmissão com plantio em caráter comunitário.                                     | 101 |
| Figura 16 | Trecho de concessão da concessionária CTEEP onde foi aplicado o princípio da blindagem verde. | 102 |



## **Lista de Quadros**

Quadro 1	Maiores transmissores do país em extensão de Linhas de Transmissão.	36
Quadro 2	Indicação dos municípios que compõe o trecho de estudo com as áreas utilizadas para fins de Servidão.	72
Quadro 3	Comparativo dos resultados finais dos métodos aplicados: difuso e multicritério.	94



## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1	Representação dos valores difusos gerados a partir da função linear.	83
Gráfico 2	Apresentação das porcentagens indicativas para as classes obtidas no processamento difuso.	97



## **Lista de Siglas e Abreviações**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNAEE/MME	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
kV	kiloWatt
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SGSP	Sistema de Gestão Sócio-Patrimonial
SIG	Sistemas de Informações Geográficas



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	30
1.2	OBJETIVOS .....	32
1.2.1	Objetivo geral .....	32
1.2.2	Objetivos específicos .....	32
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	33
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>35</b>
2.1	SISTEMA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA	35
2.1.2	O sistema de Transmissão de energia elétrica .....	39
2.1.2.1	Definição de traçado e aspectos de implantação do trecho no Brasil	40
2.1.2.2	Aspectos Legais relacionados à Implantação de Sistemas de Transmissão	41
2.1.2.3	Impactos gerados pela linha de transmissão .....	43
2.2	FAIXAS DE SERVIDÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	45
2.2.1	Restrições de utilização em faixas de servidão .....	47
2.3	CONDIÇÕES TERRITORIAIS PARA INSTITUIÇÃO DE FAIXAS DE SERVIDÃO	52
2.4	INFORMAÇÕES CADASTRAIS PARA TRECHOS DE FAIXA DE SERVIDÃO	53

2.5	INVASÕES .....	57
2.6	GESTÃO TERRITORIAL DE FAIXAS DE SERVIDÃO	60
2.7	PRINCÍPIOS DA LÓGICA DIFUSA .....	61
2.7.1	Possibilidades .....	62
2.7.2	Conjuntos difusos.....	63
2.7.3	Variáveis lingüísticas .....	64
2.7.4	Processamento Difuso .....	65
2.7.5	Principais Aplicações .....	66
<b>3</b>	<b>TRECHO DE ESTUDO .....</b>	<b>69</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>73</b>
4.1	DEFINIÇÃO E GERAÇÃO DE DADOS DE ENTRADA	73
4.1.1	Descrição das classes de variáveis envolvidas no processo	74
4.2	APLICAÇÃO DA PROPENSÃO .....	69
4.3	CONVERSÃO DOS DADOS DIFUSOS .....	82
4.3.1	Determinação de funções de pertinência .....	82
4.4	SUPERPOSIÇÃO DOS DADOS DIFUSOS .....	86
4.4.1	Determinação dos operadores .....	86
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>89</b>



5.1	FINALIDADE DA PROPOSTA .....	89
5.2	PROCEDIMENTOS CORRETIVOS ESPECÍFICOS DAS CONCESSIONÁRIAS	97
5.3	PROPOSIÇÕES PARA PREVENÇÃO .....	100
5.4	PROPOSIÇÕES DE GESTÃO FRENTE ÀS INVASÕES	102
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>105</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXO I - CD REFERÊNCIAS .....</b>	<b>115</b>



## **CAPÍTULO 1**

### **1 INTRODUÇÃO**

A energia elétrica proporciona à sociedade - trabalho, produtividade e desenvolvimento, e aos seus cidadãos - conforto, comodidade, bem-estar e praticidade - o que os torna cada vez mais dependente de seu fornecimento. (LEÃO, 2009).

Dada demanda por energia facilmente compreendem-se os cuidados exigidos para que o sistema se mantenha funcionando, sem que ocorram danos ou deficiências no processo.

No Brasil a fonte de energia que mais contribui para produção de energia elétrica é a hidráulica. A geração normalmente se dá em locais distantes dos grandes centros consumidores exigindo extensas linhas de transmissão para distribuí-la por todas as regiões.

Neste contexto, as linhas de transmissão, veiculadoras de energia gerada por todo o país, exigem maior atenção no que diz respeito à sua gestão, dada a expressiva representatividade das torres e as grandes extensões da própria linha, que influenciam também o entorno dos locais por elas ocupadas.

Apresentada sua importância, as peculiaridades redobram os cuidados que este sistema de transmissão formado basicamente por torres e linhas demanda para cumprir com o estabelecido pela Agência Nacional Reguladora de Energia Elétrica - ANEEL.

Segundo normas estabelecidas na NBR 5422 e entre as concessionárias no documento de Gestão Sócio-Patrimonial - SGSP, além do espaço destinado à estrutura de transmissão (torres e cabos), são determinadas áreas laterais adjacentes ao trecho com intuito de proteger o sistema elétrico evitando a utilização destas áreas para alguma finalidade que possa colocá-lo em riscos.

As áreas adjacentes apresentam-se como um corredor, designado Faixa de servidão ou Faixa de Segurança, que se inicia do centro de cada torre em direção às suas laterais com distâncias variando conforme a tensão da LT, de 30 a 65 metros, caracterizando uma forma longilínea.

Neste sentido, o trecho de transmissão, dependendo da tensão de energia que perpassa nos cabos, determina uma área maior - paralela a cada

lado da torre, ficando esta área impossibilitada de receber utilizações que tragam risco à população e ao sistema em decorrência de possíveis acidentes.

Apesar dos riscos explicitados pelas normas de segurança, e da aquisição destes espaços pela concessionária para garantir a proteção deste corredor de segurança, a população tem se mostrado atraída a ocupar essas áreas com finalidade de moradia. Essa constatação é fundamentada pelo número expressivo de invasões já consolidadas em diferentes trechos de transmissão no Brasil.

Frente aos cuidados que devem ser tomados para a gestão da Faixa de servidão, torna-se foco do estudo propor meios para mantê-la conforme exige a legislação, livre de ocupações, uma vez que esta área é resguardada unicamente para proteção da linha de transmissão.

A situação de ocupações em caráter irregular infringindo as normas de segurança configura a maior preocupação das concessionárias no tocante à gestão da Faixa de servidão, dada a frequência com que ocupações consolidam-se nestes corredores.

A ocupação indevida nestas áreas pode ser explicada basicamente pela falta de conhecimento da população ou ainda por circunstâncias de má fé. Há situações em que o cidadão adquire uma propriedade onde determinada parte do imóvel representa a Faixa de servidão, e, ainda que discriminado na escritura, ignora as determinações legais de segurança.

O mais comum e que melhor caracteriza a situação de invasão é a população que assume a parcela privada, pertencente à Concessionária, para seu uso, infringindo as restrições existentes devido sua destinação como Faixa de Servidão.

Para manter a Faixa de Servidão livre de utilizações irregulares é necessário intensificar a fiscalização e tornar o monitoramento contínuo para que estas práticas realmente surtam efeitos frente à agilidade com que novas construções se erguem.

Estas ações de monitoramento configuram uma das medidas dentro da gestão praticada por todas as concessionárias, mas que não conseguem surtir o efeito esperado, ou seja, não coíbem as invasões uma vez que possuem diferentes características que devem ser consideradas na formulação das estratégias de fiscalização.

Além disto, as dificuldades em função da extensão dos trechos de transmissão justificam a busca por tecnologias eficientes, que facilitem o processo de monitoramento.

Neste sentido, a compreensão da dinâmica territorial e de ocupação do espaço é de suma importância para que se consigam resultados adequados à realidade ao se utilizar tecnologias computacionais.

A partir do trecho de estudo no Estado de Santa Catarina, a proposta apresentada tem por princípio estabelecer variáveis específicas baseadas em situações observadas que contribui para a dinâmica da ocupação irregular detectada sob as linhas de transmissão.

O intuito é mapear as características que influenciam neste processo a fim de identificar os locais que merecem maior atenção da concessionária, ou seja, que estão mais suscetíveis a sofrerem ocupação ainda que com riscos impostos pela rede de tensão.

Para tanto, a metodologia baseou-se na geração de dados espacializados em ambiente SIG visando elaborar um modelo que subsidie ações de gestão a serem praticadas pela concessionária.

Os dados, tratados como variáveis, foram considerados pela influência que exercem especificamente nas áreas da Faixa de Servidão em relação à ocupação em um estudo realizado em parceria entre a Universidade do Estado de Santa Catarina e a Concessionária Eletrosul/Eletróbrás, que contemplou:

- Uso e Ocupação do solo - Instalações e ocupações que facilitam ou dificultam a ocupação dependendo do tipo de utilização prévia praticada;
- Declividade do terreno - baseada nas leis de parcelamento do solo que proíbem a utilização dependendo do declive existente;
- Proximidade das vias de acesso da área de Faixa de Servidão - devido à atratividade verificada em razão da existência de acesso; e
- Distanciamento entre as torres de transmissão pela rejeição por terrenos muito próximos às torres.

Para congregar estas informações e gerar um mapeamento real das ações de gestão destaca-se a utilização da lógica difusa que permite congrega diferentes informações a partir de um determinado valor especificado, de acordo com a interação entre esses dados, para que seja obtido um resultado único, mais próximo à realidade pelo princípio aproximado do raciocínio humano.

Este princípio se baseia em utilizar valores não precisos, ou seja, níveis graduais que indiquem maior ou menor pertinência formulada matematicamente em relação ao tema de estudo. Este princípio preza por uma maior compatibilidade dos resultados alcançados em relação aos cenários reais visto que trabalha com níveis graduais para indicar a pertinência de um dado tema.

É com este diferencial que se espera um mapeamento mais específico que indique espacialmente os pontos sensíveis do território delimitado pela faixa de servidão em níveis de suscetibilidade á invasão frente às características apresentadas neste espaço.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Dentre as obras necessárias ao bem-estar e qualidade de vida da humanidade encontram-se as linhas de transmissão de energia elétrica, empreendimentos lineares com características próprias que limitam e interferem na dinâmica do território. (PIRES, 2005).

Devido às limitações impostas pela linha de transmissão nos trechos de faixa de servidão, é necessário mantê-la livre das utilizações não permitidas, e assim cumprir com o estabelecido nas normas vigentes de segurança.

As utilizações não permitidas prezam principalmente pela não permanência de pessoas nestas áreas, ainda que temporariamente, para que situações de rompimento ou dano na linha de transmissão ou com as torres não incidam em acidentes envolvendo a população instalada nas proximidades.

Dentre as atividades proibidas, o manual de manutenção utilizado pelas concessionárias (DNAEE/MME, 1997) cita, principalmente no âmbito rural, culturas que ultrapassem uma altura de segurança, especificada em função da altura dos cabos, atividades pecuárias, açudes. No ambiente urbano destaca-se edificações de qualquer tipo, praças, quadras de esporte devido a permanência de pessoas nestas estruturas.

As irregularidades estabelecidas na faixa de servidão representam perigos impostos tanto ao sistema quanto para a população que ocupa a faixa. A partir desta premissa, torna-se de suma importância criar meios para auxiliar a gestão da faixa de servidão.

Neste sentido, para viabilizar uma proposta de modelo que auxilie na gestão da faixa de servidão frente às invasões, identificaram-se características espaciais e de infraestrutura que somaram para consolidação de tais ocupações em um trecho de linha de transmissão da Eletrosul Centrais Elétricas S/A, subsidiária da Eletrobrás localizado no estado de Santa Catarina.

Estas características foram consideradas em um estudo anterior realizado pela concessionária em parceria com outras universidades. Neste estudo, determinou-se, a partir da análise espacial, as características observadas nos pontos onde já haviam invasões, possibilitando, desta forma, determinar os fatores que influenciavam esta ação.

As características, variáveis identificadas, foram projetadas em ambiente SIG - Sistema de Informações Geográficas, para geração de modelos de elevação do terreno e obtenção de mapeamento por meio da interpretação sobre imagens de satélite de alta resolução espacial do satélite *Quickbird* na escala de vetorização 1:2.500.

Com o material de entrada gerado individualmente, ou seja, com o mapeamento realizado para as quatro variáveis consideradas, o procedimento para obter um mapeamento real a partir da proposta da lógica difusa se deu a partir da classificação dos itens em níveis de pertinência e posteriormente da superposição destas novas camadas de informações geradas.

Os sistemas computacionais surgem para facilitar este processo, uma vez que em determinados *softwares* os dados fornecidos podem ser melhor analisados, tornando o processo facilitado e adequado ao congregá-los. Quando da utilização de um número expressivo de variáveis, os *softwares* são ainda a saída para otimizar e viabilizar os testes necessários para formulação de um modelo.

Ao trabalhar características físicas observadas em um trecho de faixa de servidão em um modelo, busca-se identificar os locais mais suscetíveis à invasão, pela união das características anteriormente levantadas e mapeadas.

Os *softwares* que trabalham a partir da perspectiva da lógica difusa tendem a melhorar os resultados obtidos nas análises onde a percepção computacional pode apresentar falhas ou um resultado menos acurado pela determinação da lógica binária implícita nestes sistemas. É por isso que, em determinadas situações, a Lógica Difusa pode ser mais adequada para indicar resultados que dependam de informações definidas por valores mais

abrangentes, ou classes que não possuam limites rígidos ou estáticos definidos. (BURROUGH E MCDONNELL, 1998).

Esta característica se adéqua à proposta de geração de modelo indicativo com locais propensos à invasão, especificamente em trechos de faixa de servidão, sendo que para tanto se analisam diferentes variáveis, que ao serem sistematizadas através da perspectiva da lógica difusa permitem obter resultados em níveis de possibilidades tornando o mapeamento mais real e adequado à temática envolvida.

O sistema de transmissão, quando livre de invasões nas áreas restritas, atende os requisitos de segurança trazendo principalmente benefícios à sociedade, dada sua dependência incondicional por energia, uma vez que protegida, não fica a mercê de situações de risco.

Desta forma, mostra-se de grande valia viabilizar modelos que busquem aprimorar a gestão desta área, de modo a garantir sua função *mister*, segurança nos trechos de transmissão.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Indicar áreas sensíveis à invasão em faixa de servidão de linhas de transmissão considerando o arranjo de características - variáveis naturais e de infraestrutura.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar os parâmetros atrativos à ocupação nas áreas de servidão de Linhas de Transmissão, considerando a área de estudo;
- Indicar as características relevantes acerca da instituição da faixa de servidão;
- Levantar as condições para instituição das parcelas utilizadas para fins de faixa de servidão;



- Apresentar o potencial da lógica difusa voltada à temática de determinação de locais que devem ser adequadamente fiscalizados frente à propensão para invasões;
- Trabalhar através de processamento em ambiente SIG com auxílio da lógica difusa as variáveis consideradas na geração do modelo proposto;
- Interpretar o modelo de gestão da faixa de Servidão, buscando alcançar resultados que norteiem a empresa na tomada de decisão.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo presente - Introdução, verifica-se a apresentação da introdução e justificativa pertinente ao tema, objetivos gerais e específicos do estudo, dando início à explanação acerca das invasões de áreas destinadas à Faixa de Servidão e a demanda por meios que facilitem o monitoramento a fim de manter a segurança nas áreas próximas às Linhas de Transmissão.

No capítulo de número 2 - Referencial Teórico, apresenta-se o estado da arte acerca das questões abordadas no estudo - Linha de Transmissão, os itens envolvendo as invasões, a apresentação das premissas da Lógica Difusa voltada ao tema proposto e à geração do modelo de propensão, além das considerações sobre o trecho de estudo.

No capítulo de número 3 - Materiais e Métodos, são apresentados os procedimentos metodológicos que possibilitaram a geração do modelo de propensão através dos princípios da Lógica Difusa. Neste item ainda foram indicadas as variáveis que nortearam a proposta e todo o processamento envolvido.

No capítulo de número 4 - Resultados e Análises, tratou-se da indicação dos resultados alcançados apresentando seu potencial em relação ao estudo anteriormente realizado pela concessionária para o mesmo trecho. No mesmo capítulo foram indicadas ainda as medidas já aplicadas por diferentes concessionárias brasileiras em relação às invasões já consolidadas, itens pertinentes à ação de prevenção já utilizados e outras proposições que podem ser aplicadas com intuito de recuperar a segurança e evitar invasões em trechos de Linhas de Transmissão.

No capítulo final - Conclusões e Recomendações, apresentou-se de forma resumida o propósito da pesquisa, os resultados alcançados e o atendimento da proposta, finalizando a apresentação do trabalho realizado e destacando a importância da aplicação de estudos que tenham por princípio prevenir invasões em áreas de Faixa de Servidão.

## **CAPÍTULO 2**

### **2 REFERENCIAL TEORICO**

#### **2.1 SISTEMA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA**

Dada a dependência da sociedade moderna por energia e a preocupação das concessionárias responsáveis por este setor em manter a oferta e a qualidade dos serviços prestados, têm-se estabelecido o Sistema Nacional de Energia Elétrica, regulamentado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia elétrica.

A ANEEL, autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME, foi criada pela Lei 9.427 de 26 de dezembro de 1996, tem por premissa gerenciar os sistemas que envolvem energia, elétrica, visando à otimização dos serviços de energia operando de forma interligada e prezando a alocação eficiente e racional da energia gerada. (ANEEL, 2011).

Seguindo a normas e regulamentações impostas pela ANEEL e pela ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico que executa atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão - a Eletrobrás controla a geração e transmissão de energia elétrica do Brasil por intermédio de 12 subsidiárias, a citar: Eletrobrás Amazonas Energia; Eletrobrás CHESF; Eletrobrás CGTEE; Eletrobrás Distribuição Acre; Eletrobrás Distribuição Alagoas; Eletrobrás Distribuição Piauí; Eletrobrás Distribuição Rondônia; Eletrobrás Distribuição Roraima; Eletrobrás Eletronorte; Eletrobrás Eletronuclear; Eletrobrás Eletrosul; e Eletrobrás Furnas;

Com estas 12 subsidiárias a Eletrobrás destaca sua capacidade instalada com mais de 59.000 km de extensão de linhas de transmissão por todo o país.

Dentre as cinco principais investidoras em trechos de linhas de transmissão, quatro são subsidiárias da Eletrobrás, conforme apresenta o Quadro 1.

<b>Concessionárias Do Setor Elétrico</b>	<b>Extensão em km de linhas de Transmissão</b>
FURNAS	19.082
CTEEP	18.495
CHESF	18.260
Eletrosul	10.693
Eletronorte	7.856

Quadro 1 - Maiores transmissores do país em extensão de linhas de transmissão.  
Fonte: Adaptado de Leão (2009).

A premissa do sistema interligado proposto se baseia na distribuição de energia no país devido à grande extensão do território nacional que não pode ser um fator limitante para sua distribuição. (ANNEL, 2002).

Neste sentido, é necessário compensar o déficit na geração de energia de uma região, pelo excesso de capacidade em outras. De acordo com este princípio, a interligação proposta pelo Sistema Elétrico Nacional demanda cada vez mais que linhas de transmissão sejam implantadas formando trechos que recubram todo o país.

Para melhor compreender o sistema de energia elétrica, Pires (2005), baseada nas definições da ANEEL, destaca que este pode ser apresentado agrupado em quatro segmentos: Geração, Transmissão, Distribuição e Comercialização.

Um esquema ilustrativo é apresentado na Figura 1, caracterizando genericamente cada um dos segmentos do sistema elétrico: Geração; Transmissão; Distribuição; Subestação (que tem por objetivo converter para baixa a alta tensão); e Comercialização.

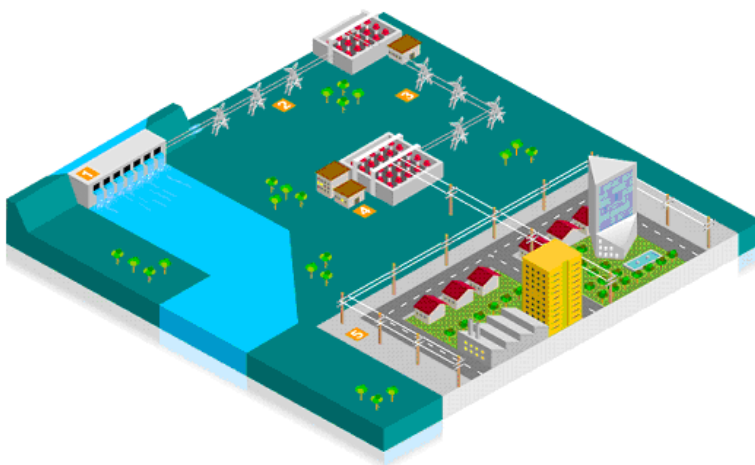


Figura 1 - Esquema ilustrativo do sistema de energia elétrica. Fonte: [www.cteep.com.br](http://www.cteep.com.br).

O segmento de Geração abrange todas as atividades de produção de energia, a citar usinas hidrelétricas, termelétricas e outras fontes alternativas, incluindo a possibilidade de importação de países de fronteira. (PIRES, 2005).

O potencial hidrelétrico do Brasil para geração de energia é indiscutível. Nos anos 90, mais de 95% da energia elétrica gerada no país provinha desta fonte. (SANTOS, 2003).

É considerada a principal fonte geradora para mais de 30 países e representa cerca de 20% de toda a eletricidade gerada no mundo. (ANNEL, 2002)

Das outras formas de geração de energia, a citar as usinas termelétricas e eólicas, estas são pouco expressivas no Brasil. O potencial termelétrico, mesmo sendo subsidiado por diversas fontes, a citar biomassa e óleo combustível, era gerado em menos de 180 termelétricas para o ano de 2002.

Acerca das usinas eólicas, os primeiros sensores foram instalados no nordeste brasileiro no início dos anos 1990 com intuito de determinar o potencial para instalação das primeiras turbinas. (ANNEL, 2002). Esta fonte, abundante na região, é ainda pouco expressiva devido à tecnologia ser relativamente recente.

Independente da fonte de geração, toda a energia deve ser veiculada até os centros consumidores. Por isso, destaca-se a função de Transmissão, segmento subsequente no sistema elétrico que tem por finalidade levar a energia gerada, conectando as usinas geradoras às subestações de distribuição.

Este sistema de transmissão é dividido em grandes redes: transmissão e subtransmissão, em razão da necessidade do mercado consumidor. (PIRES, 2005).

A rede primária – transmissão – é responsável pela transmissão de grandes "blocos" de energia, visando suprir os grandes centros consumidores e eventuais consumidores de grande porte, caracterizada normalmente pelas linhas de tensão igual ou superior a 230 kV.

A rede secundária – subtransmissão – objetiva o atendimento de pequenas cidades e consumidores industriais de grande porte. A rede de subtransmissão é representada, de modo geral, por linhas de tensão entre 69 kV e 138 kV.

A Distribuição, encarrega-se da transferência da energia a partir dos pontos de entrega na rede de alta tensão até os consumidores finais.

Este sistema de transferência envolve equipamentos e faz a interligação entre as usinas e os consumidores (cidades, núcleos urbanos, propriedades rurais) para que a energia elétrica produzida possa ser utilizada tanto nas pontas do sistema como ao longo do seu percurso.

Neste momento, a energia elétrica é novamente transformada e adequada aos padrões de consumo local, alimentando residências, hospitais e escolas, pelo denominado sistema de distribuição, formado pelo conjunto de postes, cabos e subestações de menor tensão e menor porte. (ONS, 2003 apud PIRES, 2005).

O último segmento tratado, Comercialização, descrito de maneira sucinta, trata das atividades de contratação da energia gerada e sua revenda aos consumidores finais.

Ao se considerar que o foco de estudo são as áreas de Faixa de Servidão, o segmento principal abordado é transmissão de energia, que segue melhor descrito nos itens a seguir.

### 2.1.2 O sistema de transmissão de energia elétrica

Para garantir energia elétrica em todo território nacional, inúmeros trechos de transmissão foram e são planejados, tendo por premissa: maior alcance de áreas, menor número de torres e traçado que preferencialmente não esteja sobre áreas de preservação.

Comprovada a demanda por novas linhas, os fatores relacionados à definição do traçado da Linha de Transmissão devem estar atentos aos inúmeros aspectos que influenciam e facilitam nas decisões de instituição do traçado.

A integração destas informações relevantes identifica pontos a serem reavaliados durante o planejamento para um novo trecho Linha de Transmissão, resultando em menores custos de implantação e diminuição de eventuais problemas durante sua construção ou a partir da sua operação.

O Cigré – Comitê de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, uma entidade sem fins lucrativos que tem por objetivo promover a disseminação de informações técnicas sobre Transmissão de energia em todo o mundo apresenta aspectos relacionados à implantação de uma linha de transmissão na Irlanda, no continente Europeu.

A definição da localização das torres no exemplo citado separa em setores os tópicos que devem ser avaliados nesse processo de definição de traçado.

Inicialmente a avaliação se compartimenta em Influências Externas que trata da decisão de construção do trecho; e Influências de Engenharia que traz os tópicos sobre o planejamento do sistema no que diz respeito à estrutura elétrica e civil da implantação do trecho e aspectos geológicos/geográficos que também influenciam na escolha do traçado.

Dentre estes tópicos são consideradas as condições físicas e a legislação vigente que caracteriza a região em todo o trecho, os aspectos institucionais para definição da tensão do trecho além das considerações sobre impactos sobre o ambiente a receber a intervenção das torres e do sistema como um todo.

As considerações apresentadas pelo Cigré no trecho da Irlanda são, grosso modo, as mesmas requeridas no processo de planejamento das Linhas de Transmissão Brasileiras, conforme apresentado nos itens subseqüentes 2.1.2.1 e 2.1.2.2.

### 2.1.2.1 Definição de traçado e aspectos de implantação do trecho no Brasil

Com a identificação da necessidade de implantação de um trecho de transmissão de energia em uma determinada região, são especulados locais que se mostrem aptos a receber o sistema.

Para subsidiar o planejamento do traçado da Linha de transmissão, Cartas Topográficas na escala 1:50.000 disponibilizadas pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e DSG – Diretoria de Serviço Geográfico e fotografias aéreas são utilizadas. (DAMASCENA, 2007).

Sobre este material define-se um traçado base e uma Faixa de tolerância que consta como área de ajustes para que o traçado possa ser redefinido se necessário.

O traçado é delimitado observando, de antemão, aspectos que não ofereçam riscos ao sistema. Nesta etapa também é dada preferência às áreas próximas a regiões com possibilidades de expansão visando atender instalações de redes futuras. (BUBNIAK 2010).

Conforme descrito por Damascena (2011), esses riscos podem ser de ordem natural: erosões, que devem ser evitadas próximas às torres principalmente quando avançando em direção às torres; pedreiras de exploração que devem ser evitadas devido aos procedimentos utilizados para extração de rocha.

Depósitos explosivos e indústrias que emanem fumaças ou gases corrosivos também devem ser evitados para que não prejudiquem a estrutura das torres.

Além disso, devem ser tomadas precauções a fim de que a Linha de Transmissão se afaste o máximo possível das estações de abastecimento de água, ou de perfurações de petróleo, e ainda de redes de esgotos, oleodutos, redes de telefonias, no sentido de evitar incompatibilidade eletromagnética.

As árvores de grande porte não passíveis de corte ou que possam representar riscos à operação da linha de transmissão, as áreas de preservação ambiental e as determinadas como áreas de expansão de urbanização são fatores a serem considerados para desvio de traçado. (BUBNIAK 2010).

Neste sentido, é importante também estar atento quanto ao uso do solo praticado na área pré-definida para instalação da Linha de Transmissão, de modo que se devem evitar benfeitorias, loteamentos e terrenos valorizados, áreas legalmente protegidas e de interesse social, visto que o processo de desapropriação pode ser mais moroso.



Destaca-se, por outro lado, que sempre que possível, o traçado deverá conter caminhos ou vias para facilitar o acesso de veículos motorizados necessários à etapa de implantação da linha bem como de manutenção, que se estende durante toda a vida útil do sistema.

A locação das torres deve obedecer a critérios de segurança acerca dos vãos criados entre as estruturas, que não devem passar de 120 metros para que o balanço dos cabos não gere situações de risco.

Todos estes aspectos devem ser considerados, e mesmo quando atendidos, exige-se que o traçado não contenha curvas, dada a complexidade gerada nessas situações ou ainda pela quantidade excessiva de torres, que encarece o sistema de transmissão. (MARTINS, 2007).

Verificada a viabilidade de implantação do trecho, atenta-se para os aspectos institucionais que exigem licenciamentos ambientais para que se iniciem as obras.

#### 2.1.2.2 Aspectos legais relacionados à implantação de sistemas de transmissão

Para o planejamento, implantação e operação de empreendimentos de transmissão de energia elétrica é recomendável observar prioritariamente leis, resoluções e decretos que envolvam o sistema de energia elétrica, para que sejam atendidas todas as solicitações previstas, mantendo assim, o sistema e a população em segurança. (PIRES, 2005).

Os regulamentos a serem obedecidos para Implantação de LTs variam de país para país, pois se baseiam na cultura e nos sistemas político e administrativo de cada um. A exigência de elaboração de Estudos de Impactos Ambientais para instalações de LT, porém, é comum a todos os países. (FERNANDES, 2010).

Os órgãos a serem procurados para formalizar a situação das obras de instalação de Linhas de Transmissão estão, segundo Martins (2007), sucintamente elencados abaixo:

- Prefeituras: Para obtenção da Certidão com o “de acordo”, em relação à compatibilização do empreendimento com o Plano Diretor Municipal, conforme Resolução CONAMA 237/97 - que define sobre a necessidade de estudos de impacto ambiental e respectivo relatório - e Estatuto das Cidades;

- Comitês de Bacias Hidrográficas: Para consulta aos órgãos gestores estaduais e municipais, para compatibilização da obra com as características do Uso do Solo na bacia onde o projeto está projetado;

- IPHAN: Com intuito de articular e negociar para legalização e execução de levantamentos arqueológicos e posterior salvamento nas Faixas de segurança;

- DNPM: Para levantamento dos processos de pesquisa de lavras nas Faixas de segurança das linhas de transmissão e áreas de subestação;

- FUNAI: Para articular o levantamento das áreas indígenas adjacentes ao projeto - caso haja;

- INCRA: Para articular o levantamento dos projetos de assentamento;

- Demais concessionárias de serviços de infraestrutura para compatibilização dos traçados ou negociação para compartilhamento das Faixas de segurança conforme a Resolução da ANEEL 259/03, que estabelece os procedimentos gerais para requerimento de declaração de utilidade pública para fins de desapropriação ou instituição de servidão administrativa.

Além disto, reforça-se atenção à resolução CONAMA 06/87 que define as regras para o licenciamento ambiental de empreendimentos do Setor Elétrico e especifica a correspondência entre as etapas de desenvolvimento dos projetos e as etapas de processo de licenciamento ambiental.

A obtenção das licenças ambientais faz parte da etapa de estudos que visa o levantamento das informações pertinentes à execução da linha de transmissão, intitulada de Etapa de Estudos Preliminares, onde são elaborados relatórios contendo o que foi levantado.

Segundo destaca Martins (2007), o início desta etapa é marcado pela decisão da implantação do empreendimento e seu término decorre da obtenção da concessão do serviço público em processo licitatório.

A etapa de implantação, que prossegue a de Estudos Preliminares, tem início na obtenção da concessão e configura como seu término o início efetivo da operação do sistema de transmissão.

Com as licenças e aval legal para instalação da Linha de Transmissão, a concessionária se volta para a implantação do trecho, que, quando consolidado, determina novos procedimentos de gestão dados os impactos gerados pelo sistema.

### 2.1.2.3 Impactos gerados pela linha de transmissão

Alguns dos impactos decorrentes da implantação de trechos de linhas de transmissão elencados por Pires (2005) são causados principalmente pela ocupação do solo; exposição aos campos eletromagnéticos; e impacto visual gerado pela torre inserida a paisagem.

Em relação à utilização do solo, os impactos iniciam-se ainda durante a construção da linha, motivados pela limpeza da área e retirada da cobertura vegetal nos locais onde serão instaladas as torres e projetada a Faixa de Servidão.

Neste processo de instalação, os procedimentos de escavação para as fundações das torres, para montagem das estruturas, e lançamento dos cabos e condutores, ocasionam aumento do tráfego de máquinas e equipamentos, interferindo também muitas vezes na dinâmica de locais próximos ou de acesso a essas áreas.

Com a estrutura em funcionamento, o segundo impacto se descreve pelos efeitos causados pela exposição da população aos campos elétricos magnéticos que podem ser percebidos pela indução de corrente e tensão em objetos metálicos, sensações desagradáveis ou mesmo pequenas contrações musculares, além de interferência nos sinais de rádio e de televisão e ruídos. (ANEEL, 2002).

A maior preocupação para implantação de novos trechos de Linha de Transmissão trata das questões relativas aos efeitos dos campos elétricos magnéticos sobre a saúde, ruído audível e interferências devido à proximidade com as áreas habitadas. (FERNANDES, 2010).

Embaixo dos condutores há ainda riscos de descargas elétricas, quedas de estrutura e existência de campos elétricos magnéticos, embora haja critérios técnicos que procuram reduzir ao máximo esses riscos.

Acerca do tema, a Lei nº 11.934 de 05 de maio de 2009 dispõe sobre limites da exposição humana a campos elétricos magnéticos com intuito de estabelecer os limites permitidos em atividades de transmissão para que não sejam nocivos a saúde humana. Esta lei regulamenta os índices os quais a

concessionária fica condicionada para que desenvolva suas atividades dentro dos padrões aceitáveis à saúde humana.

O terceiro impacto elencado é resultante do aumento da demanda de energia, uma vez que influencia diretamente na quantidade de torres e cabos para sua transmissão. Esta situação, através da imposição visual gerada, modifica a paisagem e por isso é impactante, dada a repetição contínua das torres e condutores.

Ainda se tratando dos impactos causados pelo sistema de transmissão, Wosny (2010) destaca os impactos relacionados à valorização ou principalmente desvalorização imobiliária. Segundo o autor, o tema continua insuficientemente explorado e inconclusivamente teorizado, principalmente porque as linhas de transmissão são popularmente relacionadas a um fator negativo na propriedade privada.

Elliott e Wadley (2002), em seus estudos indicam um modelo que ao relacionar diferentes variáveis, estima a influência gerada sobre o valor da propriedade. A literatura, conforme afirma Wosny (2010), relata que os modelos para avaliação de propriedade atingida por LT's - Linhas de Transmissão, podem seguir diferentes critérios:

- estudo de caso com base em modelos de regressão para estimar o impacto da Linha de Transmissão nos valores de bens imóveis;

- apreciação ou avaliação com base em estudos de caso, utilizando amostras relativamente pequenas de propriedades que analisem o efeito do valor das Linhas de Transmissão sobre bens imóveis;

- estudo de caso de inquéritos ou que incidem sobre a percepção do efeito de Linhas de Transmissão sobre o valor do imóvel.

Com os impactos impostos pelas linhas de transmissão, cabe destacar a preocupação da concessionária em definir o melhor trecho para instalação, onde os impactos não sejam potencializados a exemplo de inserção em áreas já consolidadas com grande contingente populacional.

Mesmo em locais menos habitados, os impactos nesse sentido existem e são decorrentes da desapropriação das parcelas em benefício da concessionária, que realoca a população, ou, em casos de declaração de servidão administrativa, limita o uso da parcela em favor do bem coletivo.

O processo de aquisição dos imóveis objetiva e antecede o início do processo de construção das linhas de transmissão. Este procedimento de

aquisição é exigido para que a concessionária possa efetivamente impor as restrições que a lei determina no que diz respeito às exigências de segurança, para que a área onde esteja implantada a Linha de Transmissão permaneça livre de ocupações, não apenas na área abaixo da estrutura, mas no seu entorno, que também deve ser protegido da utilização.

Destaca-se, portanto que a preocupação em definir o melhor traçado também se deve pela necessidade da concessionária, que adquire a extensão do trecho dada sua responsabilidade em gerir tanto seu patrimônio quanto o espaço e o entorno por ele ocupado até determinada distância, a título de segurança, conforme a premissa da Faixa de Servidão.

## 2.2 FAIXAS DE SERVIDÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Partindo dos impactos causados pela instalação de linhas de transmissão e alta tensão compreendida neste sistema, pode-se entender a real necessidade de que a área pelas torres ocupadas e seu entorno sejam protegidas de utilizações.

Esta preocupação se dá pela segurança da população, uma vez que não é permitida sua permanência nesses locais, com restrições à utilização que possa causar danos ou acidentes e que por isso, devem ser evitados.

Para tanto, são inúmeros os documentos que visam normatizar o que deve ser restringido nas linhas de transmissão, assim como qual a largura do corredor que deve existir como Faixa de Servidão onde estas restrições são válidas.

As determinações de distâncias se baseiam principalmente na tensão da linha de transmissão, que é calculada em função dos efeitos elétricos e do balanço dos cabos.

O intuito é definir uma área nos lados e abaixo das torres e linha que limitem onde possam existir danos ou acidentes envolvendo a linha de transmissão e desta forma, restringir toda ocupação neste corredor – Faixa de Servidão. Esta área delimitada exige - para garantir a segurança no entorno da linha de transmissão - que sejam respeitadas limitações de uso, dentre o imposto pela concessionária.

Quando da ocupação em área de Faixa de Servidão por atividades não permitidas, configura-se a situação de descumprimento normativo e de invasão de propriedade, uma vez que as parcelas atingidas pelo sistema de

transmissão são adquiridas pela concessionária, assim como a responsabilidade na gestão e manutenção do território ocupado.

A área a ser protegida de utilizações e, portanto, considerada Faixa de Servidão, tem abrangência determinada pela tensão dos cabos. Para torres de alta tensão de 138 kV (138.000 volts), determina-se que a Faixa de Servidão seja de 15 metros ao longo de todo o trecho para ambos os lados a contar do centro da torre, totalizando um corredor de 30 metros.

As tensões maiores, a exemplo de 230 e 500 kV exigem respectivamente 50 e 65 metros de corredor restritivo, ampliando a área de proteção (DNAEE/MME, 1997). A Figura 2 ilustra as distâncias a serem respeitadas conforme a tensão nos cabos.

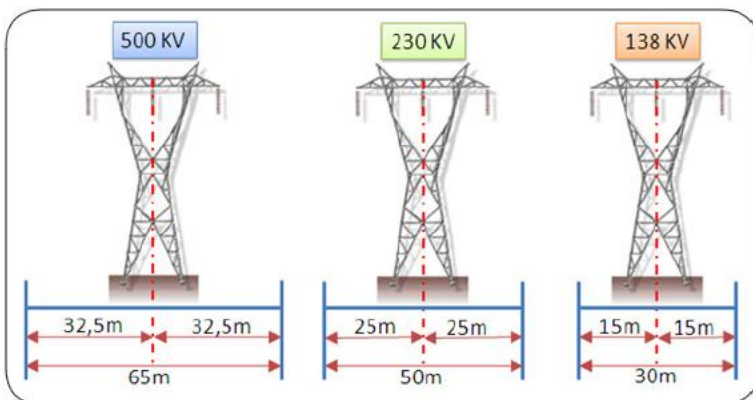


Figura 2 - Ilustrativo sobre as diferentes tensões e suas respectivas Faixas de Servidão. Fonte: WOSNY, 2010.

A largura dessas Faixas, conforme dito anteriormente é determinada por critérios e normas técnicas e de segurança, calculadas em função da proteção que o sistema demanda e, por isso, estão sujeitas a restrições de uso que são válidas durante toda a vida útil do empreendimento.

Para as Linhas de Transmissão localizadas nos Estados Unidos o espaçamento padrão das Faixas de Servidão, chamada de *right of ways*, em relação à altura das torres é indicado na Figura 3.

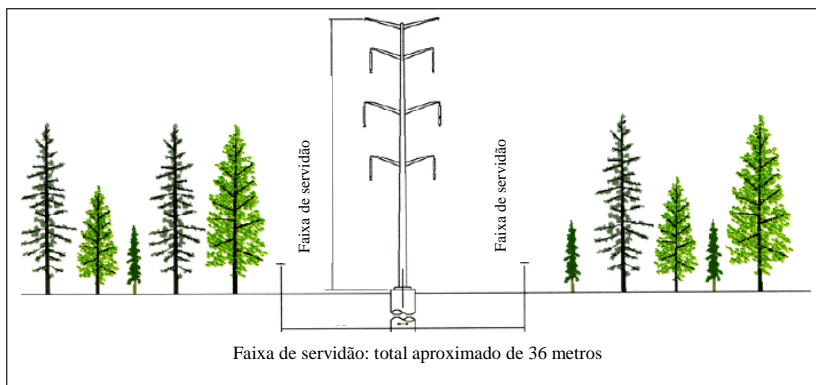


Figura 3 – Exemplo adaptado de espaçamentos de Faixa de Servidão nos Estados Unidos. Fonte: Public Service Commission of Wisconsin (2005).

A determinação existe com espaçamentos entre 80 e 140 pés (corredores de 24 a 42 metros) que variam de acordo com a tensão dos cabos, conforme explicita a Public Service Commission of Wisconsin (2005).

### 2.2.1 Restrições de utilização em faixas de servidão

A Faixa de Servidão, como território ocupado com potencial de geração de riscos à população, têm inúmeras restrições quanto à sua utilização dada sua destinação: proteger o sistema elétrico, conforme regulamenta a NBR 5422.

Ressalta-se também na norma que deve-se evitar árvores próximas às estruturas para que não entrem em contato com os cabos. É importante ainda estar atento à cobertura do solo, mantendo a vegetação rasteira para que cubram o solo, com intuito de evitar erosões, que podem comprometer a transmissão e causar danos à população.

Os cuidados relacionados às distâncias de Faixa de Servidão ainda estão relacionados à diminuição dos riscos impostos pela queda de cabos devido à possibilidade de energização do solo, efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos e por risco de desligamento e comprometimento do sistema elétrico. (LAVANDOSKI, 2010).

O detalhamento das restrições de utilização na Faixa de Servidão está descrito no documento gerado pela parceria da ANEEL com dez concessionárias no ano de 1997, intitulado Sistema de Gestão Sócio-Patrimonial, que revisou a portaria 170/87 que trata das restrições de utilização, bem como do cuidado com a Faixa de Servidão, designada no documento como áreas marginais.

A partir dos usos irregulares ou ocupações inadequadas o documento reforça que:

A Faixa de Segurança é uma preocupação constante das concessionárias do setor elétrico, em função dos problemas causados à manutenção, operação e preservação do patrimônio, além dos aspectos afetos à segurança de pessoas e benfeitorias invasoras dessas Faixas de segurança.

Este documento teve por objetivo formalizar um instrumento para possibilitar a efetiva gestão do sistema de energia elétrica, utilizando-se de reuniões técnicas específicas para os vários temas a serem examinados, a citar as invasões.

No documento ainda estão descritas as restrições existentes para a Faixa de Servidão que podem ser maiores ou menores, conforme a proximidade da estrutura física das torres.

Neste sentido, há subdivisões restritivas para a Faixa de Servidão, chamadas de Zona "A", "B" e "C". Estas áreas estão apresentadas na Figura 4.



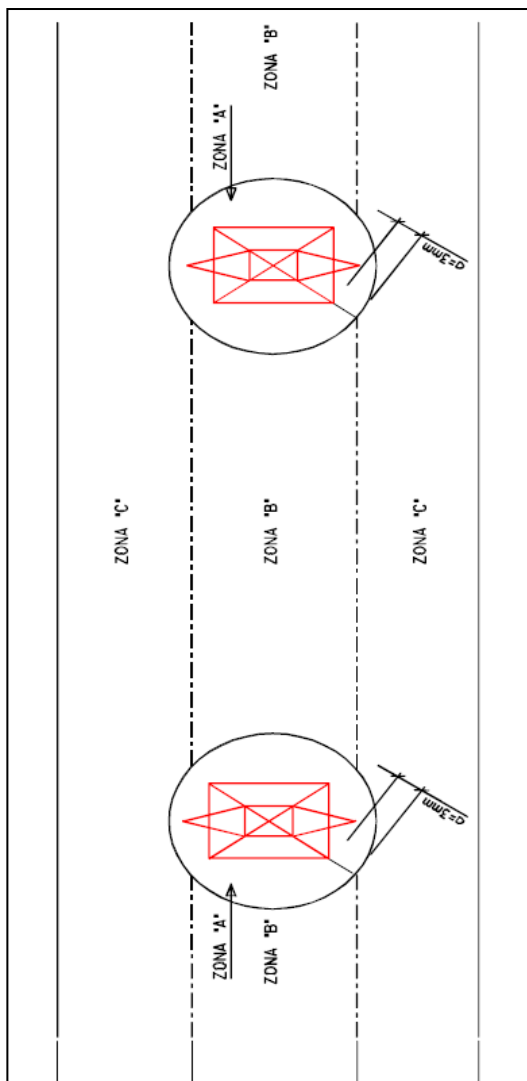


Figura 4 – Indicação das zonas ou áreas restritivas da Faixa de Servidão em relação à torre. Fonte: DNAEE/MMA (1997).

A zona “A” é uma área circular em torno das estruturas da linha de transmissão, de raio igual à metade da largura da Faixa. Para o caso de linhas paralelas, a zona A é definida pelos dois semicírculos de raio igual à distância do centro das torres até o limite externo da Faixa, e pelas retas que unem os semicírculos, a partir dos eixos das linhas.

A zona “B” é definida por uma área da Faixa ao longo da linha, de largura igual a quatro vezes a distância horizontal máxima entre o centro da torre e a fase lateral. Para o caso de linhas paralelas, a área situada entre elas pertence à B. A zona “C” é a área da Faixa de linha de transmissão, excluídas as zonas “A” e “B”.

As restrições objetivam, de maneira geral, a não permanência de pessoas nestas áreas e, por isso, inúmeras formas de utilização são vetadas, a exemplo de atividades comerciais e de lazer, dada a circulação de pessoas implícitas nessas atividades.

Outras restrições são vigentes conforme a área onde estão inseridas, pois a zona “A” é mais restritiva que a “B”, e esta também é mais restritiva que a “C”. Esta situação possibilita determinada utilização em área “C”, que é vetada na zona “A”.

As utilizações permitidas são geralmente relacionadas à plantios nas áreas menos restritivas, “B” ou “C”, conforme aprovado em projeto pela concessionária responsável pelo trecho e, em caráter comunitário para que auxilie na prevenção de ocupações.

Segundo preconizado neste documento, benfeitorias, construções de madeira, de alvenaria, ou de outro material, que mantenham pessoas de forma permanente ou temporária não são permitidas nas áreas de Servidão.

Ainda sob a premissa de evitar aglomerações de pessoas, são restringidas as atividades de cunho esportivo, comercial e de lazer, tais como parques de diversões, quadras de esporte, estacionamento, campo de futebol e feiras.

Nesses casos, além de apresentarem benfeitorias, há sempre a possibilidades de ampliações e um grande envolvimento com terceiros, resultando na permanência de pessoas e, por isso, a restrição se faz presente para todo o trecho de transmissão.

Estas atividades, quando próximas, ainda que fora da faixa de servidão, devem ser consultadas junto à empresa que avaliará caso a caso sobre uma possível interferência no sistema da Linha de Transmissão.

As autorizações são concedidas quando considerados: tipo de benfeitoria, local da instalação em relação à linha, tipo de uso, previsão de ampliação, além de atender aos critérios conforme descritos abaixo:

- a- Adentrem no máximo 5% da largura da Faixa de Servidão;
- b - Não possuam portas e janelas voltadas para a LT;
- c - Obedeçam às alturas máximas de segurança:
  - 230 e 138 kV = 3 metros abaixo do nível do condutor mais baixo.
  - 500 kV = 5 metros abaixo do nível do condutor mais baixo.
- d - Não possuam telhados metálicos.

Em relação à utilização das áreas de Faixa de Servidão para plantio, as restrições são decorrentes das técnicas de plantio empregadas, que não podem pôr em risco o funcionamento das linhas de transmissão. É importante observar também as técnicas de colheita, que não devem violar as restrições de segurança impostas na Faixa de Servidão.

As culturas que podem ser permitidas na Faixa de Servidão não podem ultrapassar a altura máxima de três metros sob a linha de transmissão nas áreas “B” e ou “C”, diante dos riscos que podem ser causados do contato com os cabos.

As plantações de baixo porte, altura de no máximo 1 metro, tais como feijão e batata, podem ser aceitas na área “A”, mas estarão sujeitas à ação de amassamento pelos veículos de manutenção em atividades de inspeção, além de ser vetado o uso de máquinas agrícolas.

No que diz respeito às instalações elétricas e/ou mecânicas nas áreas rurais, caracteriza-se como benfeitorias e, por isso, somente podem ser aceitas nas áreas B e C ou apenas C com toda a parte elétrica aterrada, para evitar possíveis problemas com a transmissão de energia.

No tocante às instalações de redes tais como água, esgoto, energia ou comunicação, e do sistema viário, no sentido paralelo à Faixa de Servidão, devem ser analisados e aprovados pela equipe técnica da Eletrosul.

De ordem natural, a existência de açudes ou demais recursos hídricos sob a linha de transmissão é permitida desde que sejam respeitadas as distâncias de segurança entre os cabos na temperatura máxima e a lâmina d'água em situação de maior cheia.

As proibições da concessionária apresentadas aqui são seguidas de maneira que, qualquer destas restrições, se não consideradas e respeitadas,

se enquadram como utilização irregular, uma vez que desobedecem às normas protegidas juridicamente.

As demais utilizações ou benfeitorias que por ventura não se enquadrem nos critérios estabelecidos pela concessionária deverão ser analisadas pela mesma para uma possível autorização.

A instituição da Faixa de Servidão, bem como suas proibições, de maneira geral, visam manter a segurança do sistema de transmissão de energia elétrica e da população localizada próximo a ela.

Os casos mais comuns de ocupações irregulares relatados pelas concessionárias, a citar a Eletrosul Centrais Elétrica S/A, empresa estudada, são as que servem de moradia. Esta situação configura a maior preocupação, já que remete à permanência de pessoas, principal ponto a ser combatido no que diz respeito às invasões.

### 2.3 CONDIÇÕES TERRITORIAIS PARA INSTITUIÇÃO DE FAIXAS DE SERVIDÃO

Conforme afirmado anteriormente, a responsabilidade de gerir não só o sistema de transmissão de energia, bem como a área por ele utilizado é determinada à concessionária responsável pelo trecho.

Antes da implantação do sistema, as parcelas atingidas pelo traçado da Linha de Transmissão e a área reservada à Faixa de Servidão são adquiridas para que as medidas de manutenção, bem como de gestão do sistema possam ser aplicadas.

Em função desta premissa, deve-se considerar a situação de cada parcela atingida para que seja definido o instrumento jurídico que melhor se aplica à determinada situação, desapropriação ou instituição de servidão administrativa.

Nos casos onde a parcela é pequena e sua totalidade é atingida pelo sistema de transmissão e Faixa de Servidão, entende-se que o melhor a ser feito é desapropriar toda a propriedade.

Nos casos onde apenas parte da parcela é atingida, institui-se a servidão administrativa, que segundo Rafael Bielsa, citado por Eletrosul (2006) se caracteriza por direito público real, constituído por uma entidade pública sobre um bem privado, com o objetivo de que este sirva ao uso público, como uma extensão ou dependência do domínio público.

Para ambas as situações, mas principalmente para os casos de instituição de servidão administrativa, a determinação do valor indenizatório para as parcelas torna-se tarefa difícil, uma vez que devem ser considerados inúmeros fatores para determinar a real perda do proprietário.

O estudo, com objetivo de estabelecer um padrão de critérios avaliatórios aplicados aos casos de servidão administrativa, buscou algumas referências sobre os fatores de depreciação de Servidão, acerca dos “riscos” das “restrições” e dos “incômodos”.

Além da porcentagem de ocupação da Linha de transmissão em relação à propriedade e sua posição ocupada (frente, fundos, diagonal, transversal, longitudinal), outros fatores devem ser considerados na determinação do valor indenizatório, segundo descrito em Eletrosul (2006). São eles:

- incômodos devido a construção e manutenção da LT;
- existência de riscos, efeitos psicológicos e de indução;
- existência de edificações situados na Faixa de Servidão;
- comprometimento de continuidade na atividade da propriedade;
- alteração do manejo empregado.

O valor a ser indenizado, desta forma, varia em função das características de cada propriedade, mediante análise de desvalorização das áreas de Servidão e remanescente, estabelecendo o valor adequado e justo ao proprietário, passando apenas a responsabilidade de gestão da faixa de servidão à concessionária.

## 2.4 INFORMAÇÕES CADASTRAIS PARA TRECHOS DE FAIXA DE SERVIDÃO

A gestão do território representado pela Faixa de Servidão de Linhas de Transmissão remete à necessidade de implementação de uma base de dados para toda a extensão que informe sobre as condições das parcelas

envolvidas no trecho, formalizando a instituição de um Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM.

Segundo instituído pela Portaria Ministerial nº 511, de 07 de dezembro de 2009, no capítulo 1, Das Disposições Gerais, art. 2º, "*A parcela cadastral é a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único*".

Neste sentido, pela necessidade de instituição de servidão administrativa para que a concessionária responda pela porção correspondente à Faixa de Servidão, o imóvel é dividido em duas ou mais parcelas - a parte que representa a Faixa de Servidão e a área remanescente do imóvel, compartimentando a propriedade segundo as premissas do CTM.

A segmentação no imóvel não significa que seus limites serão perdidos, há apenas definição de toda a área em parcelas dada a necessidade de instituição de regime jurídico distinto em uma determinada parte – chamada de parcela - que se caracteriza pela Faixa de Servidão.

Responsável pelas informações acerca dos proprietários e limites dos imóveis encontra-se o Registro de Imóveis, que se apresenta para auxiliar no levantamento destas informações essenciais ao processo de instituição de Faixa de Servidão iniciado pela concessionária.

Com as informações acerca dos proprietários das parcelas envolvidas no trecho de transmissão, a concessionária faz o levantamento da área para o trecho de implantação da torre, agregando por meio de coordenadas no banco de dados a localização exata de todas as parcelas envolvidas.

Realizado o levantamento *in loco* para definir a Faixa de Servidão da Linha de Transmissão, determina-se a área para instituição de servidão administrativa que tem validade mediante Decreto de Utilidade Pública.

De acordo com Pietro (2011) é possível a constituição da servidão administrativa mediante acordo, precedido de ato declaratório de utilidade pública. Este ato declaratório está condicionado legalmente pelo artigo 6º do Decreto-Lei 3365/41 onde é especificado que a declaração de utilidade pública far-se-á por decreto do Presidente da República, Governador, Interventor ou Prefeito.

A partir da declaração de utilidade pública, iniciam-se os procedimentos quanto à indenização acordada e registra-se a instituição de Servidão na matrícula dos imóveis atingidos conforme prevê o artigo 167, I, nº 6, da Lei 6.015/73.

Para que haja registro da Servidão na matrícula faz-se necessária identificação dos limites físicos da área do imóvel que suportará a restrição com apresentação de memorial descritivo e planta.

As especificações indicadas pelo descritivo são necessárias para que não haja equívocos na delimitação da Servidão, tais informações descritas na escritura do imóvel asseguram a finalidade de publicidade determinada pelos registros realizados em Cartórios.

A partir destes procedimentos para determinar legalmente a existência de Faixa de Servidão em cada imóvel, as informações inerentes a este procedimento são atreladas à base georreferenciada obtida pelo levantamento *in loco*, tornando os demais procedimentos da concessionária sustentados sobre uma base confiável, fazendo com que as ações que envolvam a Faixa de Servidão sejam precisas e mais eficientes.

Um exemplo exposto na Figura 5, disponibilizado pela concessionária Eletrosul, indica as parcelas e suas informações acerca dos respectivos proprietários, apresentando ainda outros dados específicos da situação – andamento do processo de instituição de Servidão.

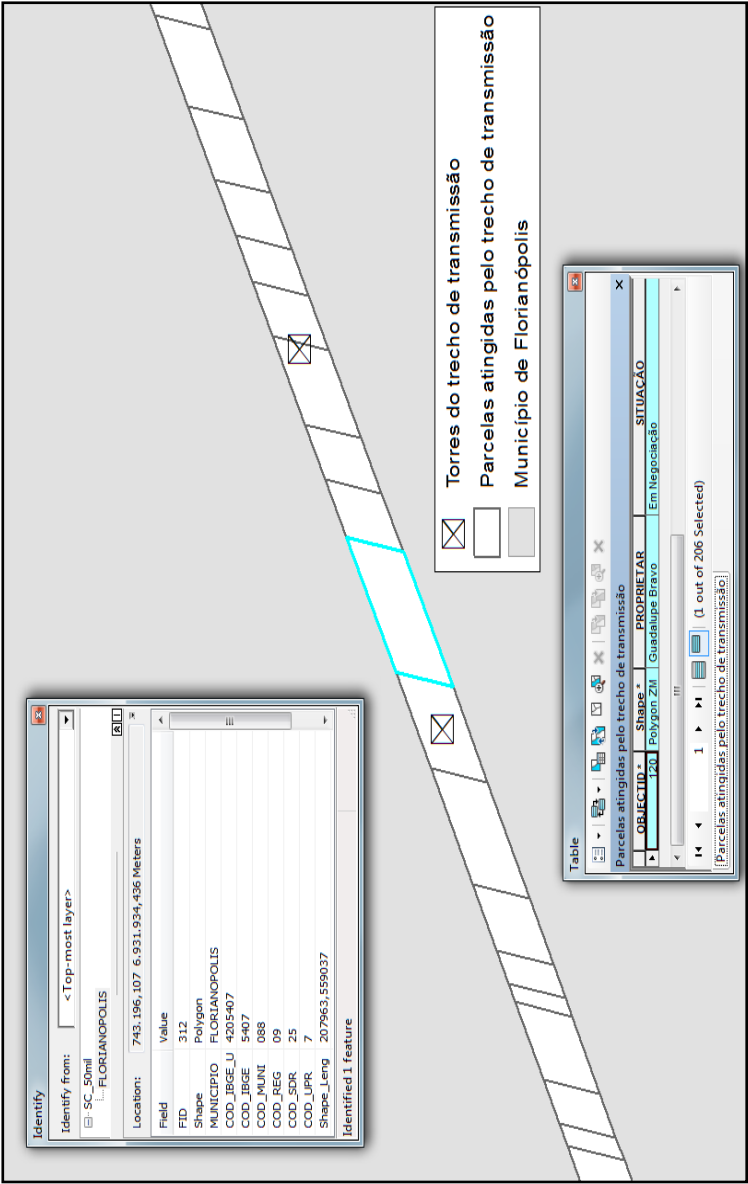


Figura 5 - Indicação de uma das parcelas do trecho de transmissão e suas informações levantadas.



Estas informações apresentadas no sistema da Concessionária não constam para todos os trechos. O exemplo apresenta um sistema recente quando comparado com a época em que foram implantados alguns trechos da Eletrosul, a citar o trecho de estudo, que por ser um dos mais antigos no Estado de Santa Catarina, não possui um levantamento específico e informatizado.

Independente dos meios para obter o levantamento das parcelas atingidas, o trecho de estudo, na época de sua implantação, também teve suas parcelas levantadas a fim de subsidiar diversos outros estudos, a citar o cálculo de indenização por meio da desapropriação de áreas, o que necessita de exatidão na delimitação dos envolvidos.

As parcelas que receberam a linha de transmissão sofreram processo ou de desapropriação ou de servidão administrativa cedendo totalmente a parcela ou a parte atingida pelo empreendimento à concessionária que, desta forma, deteve a responsabilidade por esta nova parcela gerada.

A importância do levantamento cadastral realizado pelas concessionárias destaca-se ainda na organização em relação às novas parcelas instituídas pela implantação da Faixa de Servidão, possibilitando ainda maior conhecimento e conseqüentemente cuidados sobre esta área adquirida pela concessionária.

## 2.5 INVASÕES

O principal problema enfrentado pelas concessionárias é a invasão da Faixa de Servidão por uma parcela da população que se mostra desatenta às legislações vigentes acerca dos riscos implícitos em sistemas de alta tensão. (ARAÚJO, 2000).

Os elementos desencadeadores dessa situação, segundo descrito no relatório elaborado pelas empresas de energia, Sistema de Gestão Sócio-Patrimonial (DNAEE/ MME, 1997) são, em especial, o crescimento demográfico das cidades, a demanda por áreas passíveis de ocupação e a falta de gestão adequada do patrimônio imobiliário das concessionárias.

As invasões decorridas na Faixa de Servidão têm diferentes padrões de construção e muitas vezes coíbem a manutenção das linhas de transmissão, gerando situações de risco de acidente com perigo para a vida humana.

O trecho ilustrado na Figura 6, de concessão da CEMIG, indica estas situações de riscos onde a população sem condições de edificar residência em locais próprios parece não se importar com a tensão que os cabos transmitem e consequentemente com os perigos impostos a eles.



Figura 6 – Invasões em Faixa de Servidão em um trecho da CEMIG. Fonte: Monteiro (2010).

Segundo Campos et al. (2011), as características de ocupações de classe baixa são pequenas casas em perfil de favelas que se instalam abaixo dos cabos de tensão, de acordo com o ilustrado na Figura 6.

Para os autores, nas ocupações de classe média, percebe-se que esta se configura pela utilização de pequena porção da Faixa de Servidão ocupados por muros, ou ainda por edículas e piscinas. A Figura 7 traz ainda outras situações de invasão onde há atividade comercial ou depósito de materiais, também proibidos na Faixa de Servidão.



Figura 7 - Utilização da Faixa de Servidão para fins comerciais. Fonte: Cavalcante e Queiroz (2010) e Máximo (2010).

Cientes da dificuldade de acompanhamento, a incidência de ocupações irregulares na Faixa de Servidão é de conhecimento da concessionária e ponto de grande preocupação uma vez que esta é responsável por mantê-la dentro do que prezam as normas brasileiras de segurança.

A remoção da população invasora, segundo descreve Araújo (2000), é difícil dada a forte repercussão social e o alto custo financeiro. De qualquer maneira, faz-se necessário o restabelecimento das condições impostas por lei no que diz respeito às utilizações da Faixa de Servidão.

Inicialmente, a concessionária deve identificar e cadastrar os invasores e demais responsáveis pela ocupação ou utilização indevida e verificar a situação da área para constatar se houve algum erro na aquisição da parcela em função da empresa.

A partir da confirmação de aquisição, ou seja, de propriedade da concessionária, deve-se ainda consultar a equipe técnica de campo para confirmação de irregularidade, pois caso a utilização esteja dentro do tolerado em Faixas de Servidão, cria-se um termo de cessão de uso.

Em situação de real invasão, os procedimentos voltados à remoção partem da indicação do ocorrido pela concessionária, através de comunicado extra-oficial, esclarecendo a irregularidade de modo a explanar ao invasor os riscos ao qual está exposto. (MARTINS, 2007).

O mesmo comunicado deve ainda determinar um prazo para que se efetive a desocupação e, além disto, solicita-se também um boletim de ocorrência policial.

Os procedimentos particulares de cada concessionária podem ser mais detalhados no sentido de se ter maior número informações acerca da situação de invasão, permitindo conhecer melhor sua dimensão e o que está

sendo feito para estabelecer a segurança na Faixa de Servidão frente às ocorrências.

Todos os esforços, desta forma, apresentam-se em função das medidas para evitar invasões nos trechos de transmissão, contemplados nos planos de gestão de cada concessionária, uma vez que se tornam consequências destas situações o aumento do número de acidentes, queda na qualidade da energia e, por conseguinte, o aumento da tarifa de energia. (MONTEIRO, 2010).

É devido a estes fatores que a Faixa de Servidão, enquanto espaço ou território delimitado, precisa de ações coerentes no que diz respeito à sua premissa: assegurar a linha de transmissão.

## 2.6 GESTÃO TERRITORIAL DE FAIXAS DE SERVIDÃO

A gestão das Faixas de Servidão deve ter por objetivo estabelecer ações visando evitar a ocorrência de invasões e realocação dos invasores quando da invasão já consolidada, com a finalidade de eliminar os riscos à operação das linhas de transmissão, bem como à integridade física de pessoas. (LAVANDOSCKI, 2010).

O desenvolvimento da gestão proposta, através da geração de um modelo específico que auxilie na tomada de decisão frente à suscetibilidade à invasão, remete à análise do território, que se define pelo recorte ou fração do espaço quando este está qualificado pelo homem em relações de poder, representados no caso da faixa de servidão pelas restrições de utilização impostas à este espaço.

Neste sentido, a preocupação com a gestão territorial deste espaço delimitado exige diferentes abordagens da concessionária, para que sejam avaliadas as particularidades de cada região compreendida pela linha de transmissão, que quando estabelecidas as ações de gestão, estas sejam efetivas e surtam efeitos frente à dinâmica de ocupação daquele local.

Esta premissa é atendida a partir do arranjo das condicionantes ambientais e de infraestrutura, caracterizado principalmente pelo sistema viário, que influenciam na dinâmica da ocupação territorial uma vez que constituem fatores atrativos ao estabelecimento de núcleos populacionais.

Diante disto, o termo gestão territorial se aplica devido à complexidade e aos fatores a serem considerados, uma vez que o território não pode ser visto de forma segmentada.

A fiscalização dificultada, a falta de conhecimento da população em relação a Faixa de Servidão e a demanda por habitação contribuem para o expressivo número de invasões ocorridas nos trechos de transmissão de energia elétrica, principalmente em áreas urbanas.

Neste sentido, mapeamentos de temas específicos que representem a dinâmica local merecem destaque na elaboração de um plano de gestão voltado à prevenção de invasões em faixa de servidão, vez que com isso busca-se antecipar medidas, potencializando acertos e tornando mais efetivo o processo de gestão.

## 2.7 PRINCÍPIOS DA LÓGICA DIFUSA

A teoria da Lógica Difusa teve seu início formalizado no ano de 1965, com a publicação do Artigo *Fuzzy sets* por Lotfi Zadeh. Em sua obra o autor descreveu um meio de modelar a incerteza inserida na linguagem natural desenvolvendo uma lógica para caracterizar uma determinada afirmativa não somente como certa ou errada, mas parcialmente certa e parcialmente errada utilizando, por isso, o termo difuso, nebuloso, ou *fuzzy* (PARAIZO, 2007).

A utilização de um conjunto Difuso é indicada sempre que se tiver que lidar com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos em situações intuitivas, uma vez que as interpretações das pessoas diferem para valores qualitativos como alto, baixo, médio. (BURROUGH; MCDONNELL, 1998 apud ORTEGA, 2001).

A ambigüidade na proposta de gestão das faixas de servidão é representada pelos níveis de atratividade em relação à propensão à invasão que indicam quão propenso é determinado ponto do telhado considerando valores empíricos determinados.

A garantia de compatibilidade entre o resultado obtido e o cenário real é mantida uma vez que a lógica difusa identifica a imprecisão das fronteiras das classes analisadas, ou seja, os níveis de pertinência de um termo em diferentes classes e não dos dados trabalhados. (ESRI, 2011).

Apesar desta premissa, segundo alguns autores citados por Coelho, Almeida e Coelho (2011), a teoria dos conjuntos difusos apresenta algumas limitações principalmente quanto à adequação do modelo matemático gerado, pela grande quantidade de parâmetros a ser configurado pelo

usuário: número de subconjuntos de cada variável, regras e seleção do método para a realização das operações lógicas difusas.

Acerca das possíveis desvantagens da teoria, Barbosa (2005) destaca que devido à possibilidade de caracterização linguísticas para as variáveis de entrada, pode ser necessário, nestes casos, maiores simulações e testes. A autora ainda destaca que a possibilidade de utilização de modificadores na classificação pode tornar ainda mais complexa a determinação das regras, podendo induzir o especialista a cometer erros.

Apesar dos itens desfavoráveis apresentados, a utilização dos conjuntos de classificação possibilita um produto final mais acurado pela não exclusão ou não generalização de um valor de pertinência em uma única classe, ainda que a representatividade seja pequena. É sob essa consideração que se propõe sua aplicação no modelo, uma vez que os valores de entrada propostos não serão extraídos de variáveis linguísticas.

### 2.7.1 Possibilidades

A Lógica Difusa, sob certos aspectos se apresenta muito similar à teoria de probabilidade, porém trabalha com tipos de incertezas distintos. A medida de probabilidade é uma forma de medir possibilidades e está associada à chance de um determinado evento ocorrer, enquanto a possibilidade está relacionada com o quão razoável é um dado evento. (ZADEH, 1978 apud ORTEGA, 2001).

A diferença entre as duas abordagens é justamente a noção de valores que, na lógica difusa, é expressa em níveis, ou seja, um elemento pertence ou não a um conjunto, com um grau de pertinência representado para cada classe considerada.

Enquanto a incerteza de um elemento, isto é, seu grau fracionário de pertinência pode ser concebido como uma medida de possibilidade de um elemento ser membro do conjunto, a probabilidade expressa a chance de um elemento ser membro de um conjunto. (SHAW e SIMÕES, 1999).

Esses graus de pertinência não necessariamente precisam resultar em um valor exato que indique totalidade, como na probabilidade, onde a somatória final da distribuição deve somar 100, tomando a porcentagem, por exemplo.

O grau de pertinência dos elementos de um conjunto é especificado por um número: '1' para os estritamente membros, '0' para os não-membros

e valores do intervalo  $]0,1[$  para representar a transição entre esses extremos. Segundo Tanscheit (2010), esses graus de incerteza podem ser representados por 0.2, 0.5, 0.8, 0.9 dependendo do grau de pertinência.

Por exemplo, ao determinar se uma pessoa é jovem, chega-se a um resultado mais adequado a partir dos princípios da lógica difusa, onde uma função de pertinência estabelecida para a idade é fornecida para a distribuição de possibilidades. Assim, a possibilidade de um candidato de 18 anos ser jovem pode ser 0.7 e a de outro candidato com 24 anos pode ser 1. (ORTEGA, 2001).

Ainda segundo a autora, a distribuição de possibilidades é a própria função de pertinência para conjuntos fuzzy, onde o maior valor de pertinência é indicado pelo ponto mais alto de uma curva gerada por todos o valores obtidos que representam este conjunto.

### 2.7.2 Conjuntos difusos

A Teoria de Conjuntos Difusos foi concebida com o objetivo de fornecer um ferramental matemático para o tratamento de informações vagas ou imprecisas transformando-as em valores utilizáveis em modelagens.

A base para estabelecer um determinado conjunto difuso é a identificação de valores de pertinência entre elementos e não apenas definir se o elemento pertence ou não-pertence a uma determinada classe como a teoria clássica preconiza. (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHUIT, 2005).

A teoria de conjuntos clássicos está baseada na função característica clássica, dada por um conjunto "A" em um universo "X" onde os elementos deste universo pertencem ou não pertencem ao dado conjunto "A". (BORBA e DILL, 2010).

Essa função característica discrimina entre todos os elementos de X aqueles que, segundo algum critério, pertencem ou não ao conjunto A, dividindo o conjunto universo em duas partes com fronteira bem definida.

Na proposta difusa a função característica assume um número infinito de valores no intervalo  $[0,1]$  segundo descreve Borba e Dill (2010): um conjunto difuso "A" inserido em um universo "X" é determinado por seus elementos através de pertinências definidas que indicam "quanto" os elementos de "X" são compatíveis com o conjunto "A", ou seja, qual é o

grau de pertinência de um determinado elemento do universo "X" em relação a um dado conjunto "A".

Para as situações onde a pertinência de uma variável é indicada lingüisticamente através de termos como: mais ou menos, muito ou pouco são determinados valores numéricos que possam representar estes valores incertos.

### 2.7.3 Variáveis lingüísticas

Biondi Neto et al (2006) destacam que a lógica difusa é capaz de absorver informações descritas em uma linguagem natural (falada ou escrita) não representada com exatidão e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação computacional.

Neste sentido, a principal função das variáveis lingüísticas é fornecer uma maneira sistemática para uma caracterização de fenômenos complexos ou mal definidos, traduzindo um conjunto de regras lingüísticas em termos matemáticos e informação precisa.

As variáveis (idade, altura, temperatura, pressão, velocidade, crescimento), por exemplo, assumem valores lingüísticos, tais como: novo, idoso, meia-idade, alto, médio, baixo; e podem ser afetadas por transformadores tais como: muito, pouco, extremamente, e todos estes elementos obedecem a uma função de pertinência. (PARAIZO, 2007).

Cada termo lingüístico empregado é expresso dentro de um domínio de valores. Em geral é o especialista que define esse domínio e realiza sua classificação conforme a pertinência que deseja representar. (ORTEGA, 2001).

A formulação de conjuntos difusos através da percepção expressa em termos lingüísticos não é a única forma para determinar os conjuntos de cada variável. O mapeamento das feições de estudo onde é atribuído um valor para cada feição em razão de um propósito também é uma maneira de formulá-los através de pertinências estabelecidas.



## 2.7.4 Processamento Difuso

Para que as variáveis de interesse sejam inseridas no universo difuso é necessário determinar a função de pertinência que definirá os conjuntos a serem formados. Este processo é conhecido por *fuzzificação* e consiste na atribuição de graus de pertinência de cada variável, dentre um conjunto de classes pré-determinadas.

Este mecanismo tem por objetivo converter em valores difusos determinados valores reais a partir de uma função de pertinência estabelecida. (NOBRE, 2006).

A escolha da função para representar a pertinência em um dado conjunto é arbitrária e deve ser feita em atenção à aplicação e contexto do problema abordado. (REZNIK, 1997 apud ORTEGA, 2001).

Segundo Raines, Sawatzky e Bonham-Carter (2011), a pertinência estabelecida será representada pelo processo de *fuzzificação* gerando os conjuntos que mais se adequam à proposta inicial do estudo. As funções de pertinência disponíveis no sistema utilizado são inúmeras, das quais se destacam a Linear e a Gaussiana que devem ser determinadas segundo as características das variáveis.

A primeira - Função Linear representa uma forma linearizada entre dois pontos para uma dada pertinência. Ou seja, os menores valores de entrada representam menor pertinência e os maiores valores representam maior pertinência formando uma função linear crescente.

Para o inverso, menor grau de pertinência em relação aos maiores valores de entrada e menores valores em relação à maior pertinência tem-se uma função linear decrescente.

A segunda função citada - Gaussiana é utilizada para determinar valores onde a maior pertinência se apresenta em um nível intermediário, ou seja, no meio da curva gerada. Desta forma, a função Gaussiana atribui um valor de pertinência 1 - máxima pertinência - no ponto médio da função e diminui a zero os valores que se afastam deste ponto.

A partir da determinação da função de pertinência, os valores originais são transformados na escala de 0 a 1 de possibilidade difusa, dependendo das características dos dados, a partir dos valores de entrada.

As características iniciais funcionam como um bloco de regras que auxiliará na determinação dos resultados obtidos a partir das funções escolhidas, ou seja, essas funções permitem atrelar esse conhecimento

inicial através dos dados de entrada ao resultado final, aproximando-o da realidade.

Por exemplo, as variáveis a serem utilizadas quando mapeadas, possuem um valor de entrada que determinam, conforme o contexto, maior ou menor propensão. Essa indicação é considerada no momento de *fuzzificação* para que imprima na variável as características da classificação inicial.

Normalmente na proposição de um modelo considera-se mais de uma variável. Neste processo, para que seja formulada a proposta final, outros operadores devem ser escolhidos para que a partir da pretensão do estudo, as variáveis previamente *fuzzificadas*, ou seja, inseridas no universo difuso das possibilidades, sejam combinadas, gerando apenas uma resposta – a mais aproximada da realidade, possibilitando a tomada de decisão.

Para tanto, segundo diversos autores, existem diferentes formas de se obter essa combinação entre as variáveis, gerando um produto final no processo chamado de *defuzzificação*.

Os operadores difusos mais utilizados são, segundo ESRI (2011): “E” e “OU”. O operador “E” significa intersecção entre as variáveis; o operador “OU” representa o valor de pertinência é controlado pelos valores máximos de entrada através da união entre as variáveis.

A partir da escolha de um dos operadores, a combinação dos dados de entrada será executada para que se obtenha um resultado único, permitindo que os resultados gerados sejam interpretados e aplicados.

Os operadores difusos têm por princípio orientar o processo de *defuzzificação* para obter resultados mais apropriados em determinada situação. Neste sentido, a escolha dos operadores depende da proposta do especialista, uma vez que se utiliza a *defuzzificação* para resgatar a informação antes em saídas difusas, em números representativos a serem utilizados no processo de tomada de decisão. (BORBA e DILL 2010).

Em sistemas que determinam espacialmente as variáveis, o operador selecionado executa a união dos dados *fuzzificados* e a *defuzzificação* caracteriza o produto final - facilitando a aplicação dos resultados obtidos.

## 2.7.5 Principais Aplicações

As aplicações iniciais dos sistemas difusos foram concentradas na área de controle industrial, onde se procurava modelar, por meio de regras

lingüísticas, o modo aproximado de raciocínio, tentando imitar a habilidade humana de tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza e imprecisão.

Atualmente, a lógica difusa é amplamente utilizada por diversas empresas no desenvolvimento de motores de energia, refrigeradores de baixa potência, melhoramento de transmissão automotiva e motores elétricos de energia. Para outras aplicações Borba e Dill (2010) destacam ainda as voltadas para concessão de crédito ou ainda na detecção de fraudes em cartões de crédito, que não deixam de caracterizar sistemas de automação.

Além da área de automação, Vasconcelos; Lira; Teixeira (2010) indicam que os sistemas difusos têm sido utilizados em outras aplicações: análises multicritério de risco e processamento de imagens, para otimizar e precisar os resultados obtidos nestas modelagens.

Um exemplo apresentado pela ESRI (2011), voltado para a determinação de locais adequados para a implantação de algum empreendimento indica novas aplicações da lógica difusa. Neste exemplo foi necessário identificar locais adequados para a construção de habitações onde foram avaliados, principalmente, o custo da terra, a proximidade dos serviços existentes, a declividade e a frequência de inundações que caracterizaram as diferentes variáveis de entrada.

Estas variáveis de entrada e suas especificações mapeadas têm por princípio aproximar ainda mais o resultado obtido do cenário real uma vez que o especialista pode intervir diretamente com informações pertinentes, ainda que em caráter impreciso ou vago, sobre cada variável.

A interferência do especialista é validada no método, pois caracteriza o conhecimento empírico e teórico que deve existir no estabelecimento dos dados a serem processados possibilitando um resultado mais próximo da realidade.

Estas e outras vantagens permitem, desta forma, maior interação com o problema, indicando resultados satisfatórios quando da utilização da Lógica Difusa para este tipo de determinação.



## **CAPÍTULO 3**

### **3 TRECHO DE ESTUDO**

Tratando-se da gestão da Faixa de Servidão das Linhas de Transmissão e, sendo o intuito principal do estudo apresentar meios para que sejam evitadas invasões nestes locais, foi necessário utilizar um trecho de transmissão para aplicar a metodologia proposta.

A Eletrosul Centrais Elétricas S.A. - Eletrobrás apresenta-se em quarto lugar em extensão de trechos no território brasileiro e, por se tratar da concessionária responsável pelos trechos de transmissão que levam energia para todo o território catarinense, foi escolhida por meio de um de seus trechos para aplicar a proposta de estudo.

O trecho estudado é um dos mais antigos do Estado de Santa Catarina, iniciando seu percurso na termelétrica Jorge Lacerda no município de Capivari de Baixo e seguindo até a subestação no município de Palhoça.

Neste percurso a Linha de Transmissão passa por mais de cinco municípios catarinenses, sendo eles: Paulo Lopes, Imbituba, Garopaba, Imaruí e Laguna, conforme ilustra a Figura 8.

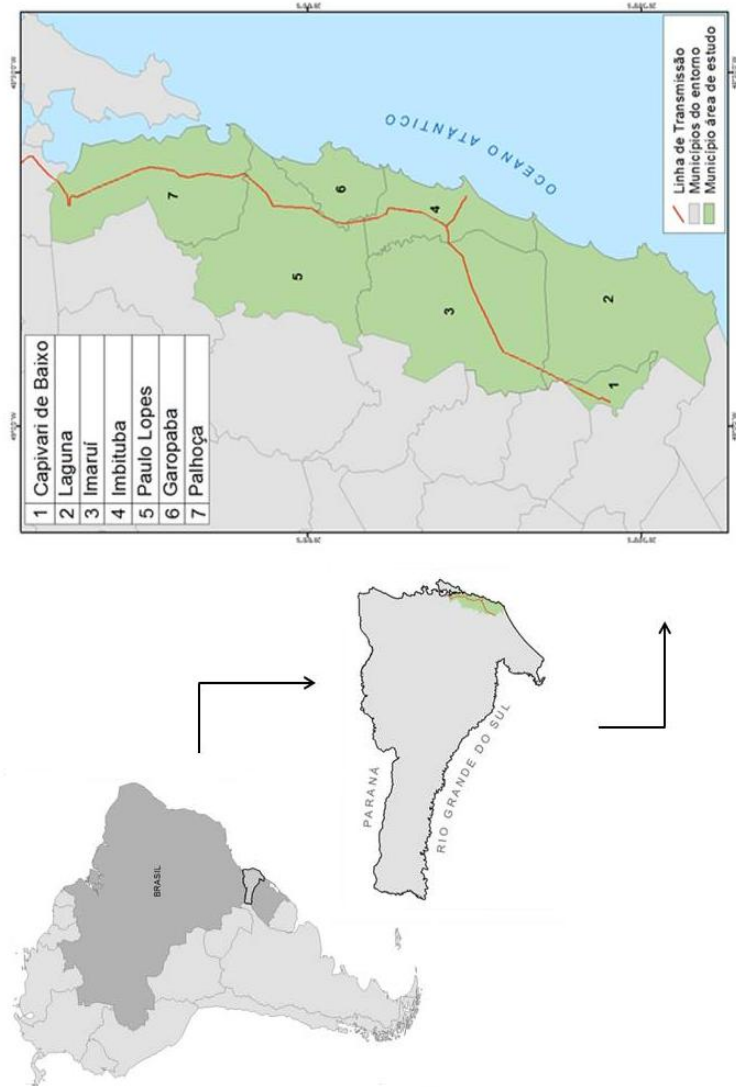


Figura 8– Apresentação do trecho de estudo no estado de Santa Catarina. Fonte: (BOSCATTO; SANTO; PERES, 2008)

A escolha foi motivada pelos estudos já feitos na Faixa de Servidão deste trecho e por esta estar instalada grande parte sobre área em urbanização e, outra parte, em meio à urbanização já consolidada, o que eleva o interesse em avaliar a gestão da faixa de servidão voltada à prevenção de invasão.

Os municípios estudados que receberam a Linha de Transmissão apresentam em suas características semelhanças em relação aos aspectos climáticos, pedológicos e morfológicos. As peculiaridades entre os municípios ficam por conta da base econômica e da população absoluta em cada cidade.

De acordo com a Eletrosul (2007), estes aspectos também influenciam nas invasões ocorridas em faixas de servidão. Em termos gerais seguem apresentadas tais características para cada município do trecho estudado, segundo Eletrosul (2007) e IBGE (2011):

- Capivari de Baixo: com população aproximada de 21.000 habitantes, o município sedia o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, a maior usina a carvão da América Latina e principal fonte econômica da região.
- Laguna: com população estimada em 47.000 habitantes, tem como base econômica a pesca e o turismo.
- Imaruí: possui cerca de 12.000 habitantes. A pesca é a principal fonte de economia do município, seguida da rizicultura e do turismo rural.
- Imbituba: conta com 50.000 habitantes e tem, no porto de Imbituba, segundo maior do Estado, uma das maiores fontes de emprego do município, que depende da indústria, do comércio e do turismo.
- Garopaba: é um município eminentemente turístico, com 18.000 moradores fixos e mais de 100.000 habitantes durante o verão.
- Paulo Lopes: possui cerca de 6.000 habitantes e caracteriza-se como um município fortemente estruturado na agricultura e na pesca.
- Palhoça: é grande produtora de mariscos, ostras e camarões, onde

o setor de serviços também tem destaque. O município tem pouco mais de 130.000 habitantes.

Apesar de considerar o número de habitantes de cada município na indicação de maior atenção frente à gestão, é importante considerar quanto da linha de transmissão ocupa determinado município.

Este aspecto deve ser considerado uma vez que em alguns casos, a citar Imaruí e Imbituba, o trecho não atravessa o território do município, estando implantado em algumas pequenas partes em relação à área do município. O Quadro 2 apresenta a extensão em área de ocupação da linha de transmissão em cada município do trecho de estudo.

<b>Município do trecho</b>	<b>Área de Faixa de Servidão em km<sup>2</sup></b>
Palhoça	7,8125
Imaruí	5,7223
Imbituba	4,9621
Paulo Lopes	3,2204
Capivari de Baixo	1,6821
Garopaba	0,6567
Laguna	0,6101

Quadro 2 - Indicação dos municípios que compõem o trecho de estudo com as áreas utilizadas para fins de servidão.

Este levantamento foi considerado importante visto que as maiores tendências de ocupação podem estar relacionadas com a densidade da população em cada município, sem deixar de considerar quanto deste município é atingido pela faixa de servidão.



## CAPÍTULO 4

### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1 DEFINIÇÃO E GERAÇÃO DE DADOS DE ENTRADA

Independentemente da região e da concessionária responsável pelo trecho da linha de transmissão, são constantemente detectadas novas invasões. Frente à situação, indica-se a necessidade de estudos que auxiliem no monitoramento que se apresenta dificultado, dada a extensão das linhas que recobrem todo o país.

Um estudo realizado para uma linha específica de Concessão da Eletrosul/Eletróbrás Centrais Elétricas S/A no ano de 2009 gerou um modelo indicativo que considerou as chances de diferentes áreas da faixa de servidão estarem ou não sujeitas à invasão.

Para tanto, o estudo considerou quatro diferentes variáveis que foram escolhidas pela atratividade/propensão à invasões gerando um mapeamento multicritério a partir do estabelecimento de pesos indicativos à propensão.

Utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial coletada pelo satélite de alta resolução espacial *Quickbird* no ano de 2004 - disponibilizada pela Concessionária Eletrobrás/Eletrosul para desenvolvimento do estudo - mapeou-se a área de estudo compreendendo a Faixa de Servidão específica para a tensão da linha estudada – corredor de 15 metros para cada lado da torre - e o entorno desta Faixa em 85 metros, para subsidiar análises mais consistentes, totalizando um corredor de 200 metros: 100 metros para cada lado da torre.

As quatro variáveis que fizeram parte deste estudo caracterizaram: 1 - o uso e ocupação do solo praticado na faixa de servidão e seu entorno, 2 - a declividade do terreno para toda esta extensão, 3 - espaçamentos para determinar a atratividade em relação às principais vias de acesso, e 4 - indicação dos maiores vãos livres entre as torres.

A escolha destas variáveis se deu pela representatividade ou influência reconhecida destes fatores para determinação da ocupação. Além disto, as classes tiveram de ser pensadas para que fossem indicativas e abrangentes, uma vez que a área de estudo considera diferentes municípios.

As variáveis do estudo anteriormente realizado pela Concessionária, em parceria com outras universidades, foram também a base para a proposta difusa visto que tratou-se do mesmo trecho de transmissão. Por esta razão, as variáveis foram novamente utilizadas para que se pudesse aprofundar e comparar os resultados obtidos.

#### 4.1.1 Descrição das classes de variáveis envolvidas no processo

Para a variável 1 - Uso e Ocupação do Solo, as imagens foram interpretadas em 11 classes para que se determinasse o tipo de uso praticado:

- Pastagem: áreas de campo que não apresentam vegetação arbórea;
- Solo exposto: áreas onde o solo encontra-se descoberto, sem qualquer tipo de vegetação;
- Campo sujo: áreas onde existem campos de vegetação rasteira e vegetação de médio porte;
- Áreas arborizadas (representando a vegetação circundante da área já consolidada): áreas com arborização de grande porte e significativas dentro das áreas urbanizadas;
- Cultura diversa: áreas com diferentes perfis de cultura, em padrão retangular em sua maioria;
- Áreas com campos de futebol;
- Mata nativa (representando a floresta ombrófila densa, bioma da região): áreas com vegetação de padrão comumente irregular, com textura heterogênea, sem alteração antrópica;
- Silvicultura: áreas de plantação de eucalipto ou *pinus*, possuindo padrões retangulares em sua maioria;

- Cultura de arroz (pela expressividade do cultivo na região): áreas identificadas de forma diferenciada por manterem sua área de plantio geralmente alagada;
- Áreas Edificadas: áreas onde existe algum tipo de construção como: galpões, residências, piscinas etc. e;
- Corpos d'água: locais que compreendem os açudes, lagoas, lagos e áreas alagadas.

Cada classe determinada foi posteriormente considerada com um índice de atratividade à ocupação, por partir do pressuposto que áreas descampadas, com pouca vegetação, podem ser mais atrativas à ocupação que áreas com mata nativa ou com algum tipo de plantio estabelecido.

Este índice de atratividade foi representado por pesos que foram distribuídos entre as 11 variáveis, onde o menor valor indica menor propensão/atratividade à ocupação, e o maior valor, maior propensão/atratividade.

Os pesos foram atribuídos a todas as classes das variáveis envolvidas de modo que no modelo fosse possível representar numericamente a propensão determinada.

Para obter a variável 2 – Declividade, utilizou-se imagens de radar SRTM e curvas de nível com equidistância de 50 metros. As classes determinadas segundo parâmetros da Embrapa (1999) foram:

- Plano: onde não há variação de nível ou quando existente, são muito pequenas, com declividades variáveis de 0 a 3%;
- Suave ondulado: declives suaves, predominantemente de 3 a 8%;
- Ondulado: apresentando declives moderados, predominantemente de 8 a 20%;
- Forte ondulado: declives fortes, predominantemente de 20 a 45% e;
- Montanhoso: desníveis relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente de 45 a 75%.

As classes de declividade assim determinadas também tiveram um índice aplicado para representar a propensão à invasão.

A terceira variável referiu-se ao distanciamento das vias de acesso para o espaço a ser analisado – faixa de servidão.

Os vetores representando as vias de acesso foram obtidos pela análise espacial no momento em que as classes de uso do solo foram mapeadas, ou seja, quando foram mapeadas as feições da variável uso do solo vetoizou-se também as vias de acesso. Em um segundo momento as vias mapeadas foram extraídas do arquivo de uso do solo e passaram a compor outra variável, a que representou a influência das vias de acesso para propensão à invasão.

Esta influência foi mensurada para que efetivamente fosse representada sua atratividade em relação à invasão, através da aplicação de um *buffer* em relação as vias interpretadas, que a cada 25 metros graduou a propensão gerando 5 níveis.

A classificação em 25 metros foi determinada empiricamente no estudo prévio, para que pudesse cobrir a área de estudo, além da faixa de servidão gerando as cinco classes a seguir:

- 0 a 25 metros de distância em relação à via principal;
- 25 a 50 metros de distância em relação à via principal;
- 50 a 75 metros de distância em relação à via principal;
- 75 a 100 metros de distância em relação à via principal;
- 100 a 125 metros de distância em relação à via principal.

A quarta variável considerou que as torres “inibem” as edificações e que, quanto maior o espaçamento entre elas, ou seja, quanto mais extensa for a área entre as torres, mais facilmente poderão ocorrer invasões.

Para congregar esta informação, os distanciamentos foram gerados em cinco gradações concêntricas também através da aplicação de um *buffer* em relação às torres previamente mapeadas, de modo a gerar as áreas de influência e inferir os espaçamentos maiores entre uma torre e outra, determinando maior propensão às áreas mais distantes entre as torres. As classes geradas foram:

- 0 a 100 metros de distância entre as torres;
- 100 a 200 metros de distância entre as torres;
- 200 a 300 metros de distância entre as torres;
- 300 a 400 metros de distância entre as torres; e
- 400 a 500 metros de distância entre as torres.

Os espaçamentos foram gerados de modo a cobrir a área de estudo aplicando os pesos para determinar a propensão em todas as distâncias nos vãos entre as torres.

Para que se pudesse viabilizar o estudo, as classes das variáveis a serem inseridas no universo difuso foram processadas no software ArcGIS 10, o mesmo utilizado para o mapeamento das feições.

Com a base de dados de entrada organizada, o estudo dividiu-se em duas etapas distintas para o processamento difuso: determinação dos pesos com estabelecimento de pertinências – *fuzzificação* por meio de regras previamente estabelecidas; e superposição de níveis de informações para apresentar os resultados obtidos.

A Figura 9 apresenta o fluxograma das etapas propostas para geração do modelo de propensão por meio do processamento difuso.

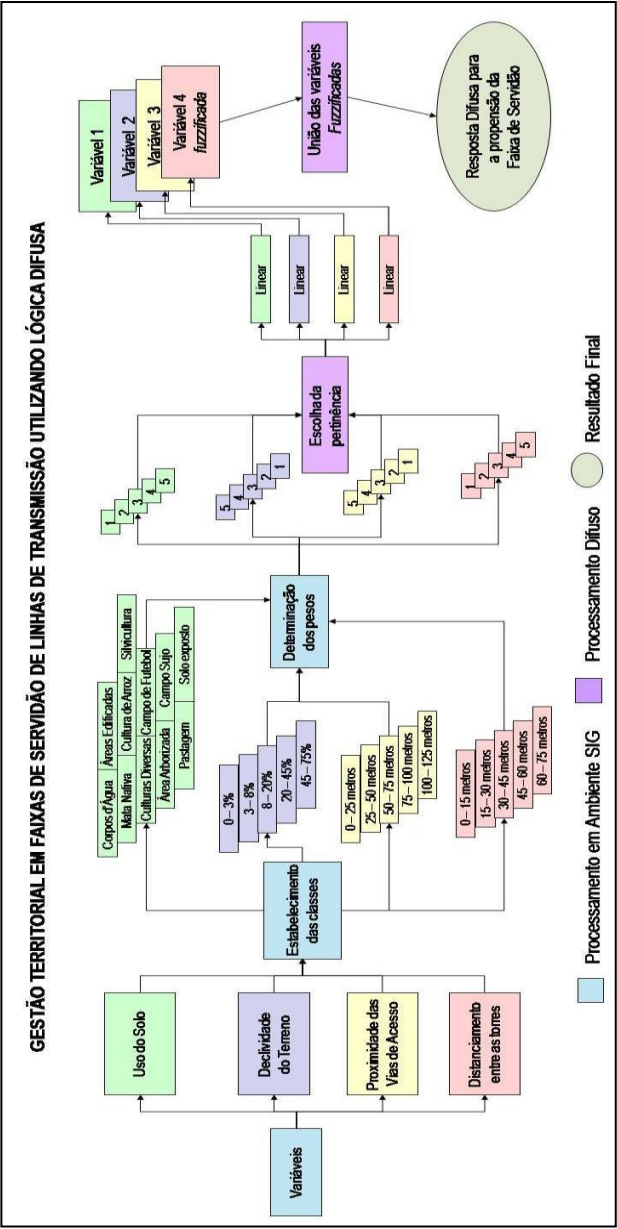


Figura 9 - Fluxograma do processamento proposto para o modelo de propensão a partir da Lógica Difusa.

## 4.2 APLICAÇÃO DA PROPENSÃO

Cada tema/variável contou com diferentes classes para determinar a maior ou menor propensão frente à ocupação. A atribuição dos pesos – índices de propensão – foi realizada através da transformação de arquivos vetoriais - formato em que foram mapeadas as variáveis - para *raster* (arquivo matricial) para que se pudesse atribuir esta informação de propensão nos valores de pixel gerados para a imagem *raster* final.

Os valores - pesos de cada classe – foram previamente determinados entre 1 e 5 para cada variável, indicando menor e maior propensão respectivamente.

Esses pesos atribuídos compuseram os dados de entrada do procedimento sob a perspectiva difusa onde o valor 1 indicaria menor atratividade e o valor 5 indicaria máxima atratividade em relação às demais classes: 2 – média-baixa propensão, 3 média propensão e 4 média-alta propensão.

Para efetivamente representar essa determinação, os pesos - valores - foram inseridos no banco de dados das feições vetorizadas para que pudessem ser utilizadas no processamento de maneira que cada classe passou a ser representada por um valor numérico conforme apresenta a Figura 10:

OID	PESO	COUNT
0	1	18490
1	2	75763
2	3	72751
3	4	3557
4	5	98165

Rowid	PESO	COUNT
0	1	2066
1	2	72418
2	3	61527
3	4	46934
4	5	85858

OID	PESO	COUNT
0	1	41154
1	2	40063
2	3	39824
3	4	41158
4	5	59227

Rowid	PESO	COUNT
0	1	108367
1	2	107732
2	3	40347
3	4	9041
4	5	3242

Figura 10: Banco de dados das variáveis contendo as classes interpretadas e seus respectivos pesos de propensão.

Através da inserção dos pesos no banco de dados, as classes passaram a ser caracterizadas apenas por estes valores atribuídos que representam a propensão nos processamentos subsequentes.

A caracterização do mapeamento efetuado, com indicação da propensão de cada variável através dos pesos aplicados em suas classes segue representada na Figura 11.



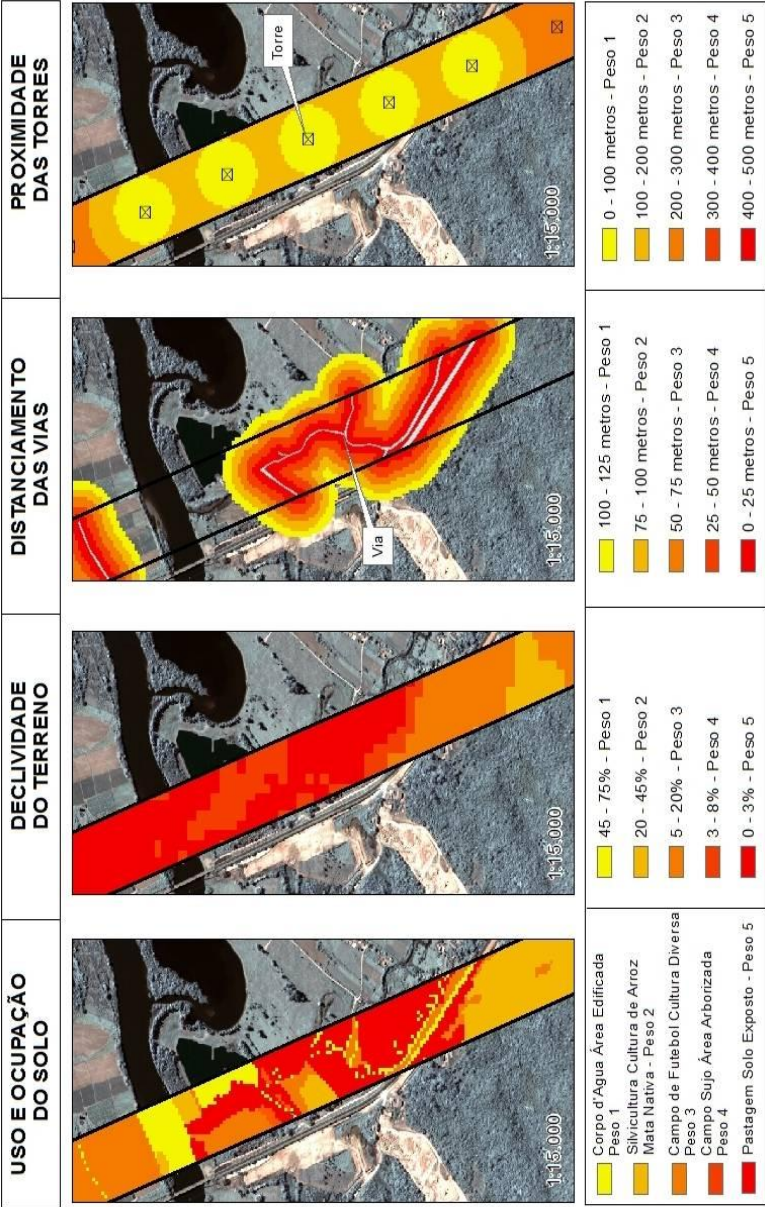


Figura 11 - Representação do mapeamento executado para as quatro variáveis com indicação dos pesos aplicados.  
Fonte: Autora.

A partir deste mapeamento elaborado, a aplicação da mesma base de variáveis - assumindo as mesmas condicionantes – caracteriza a proposta apresentada sob princípios da Lógica Difusa.

#### 4.3 CONVERSÃO DOS DADOS DIFUSOS

Com as quatro variáveis definidas e mapeadas iniciou-se o processamento difuso a partir da *fuzzificação* dos dados de entrada. Os princípios deste procedimento se basearam na determinação de uma função que modificasse as classes de entrada para o universo 0 e 1 utilizando uma das funções de pertinência pré-estabelecidas que mais se adequasse ao tema de estudo.

As variáveis de entrada, com classes representadas através de valores indicativos de propensão por meio dos pesos: 1; 2; 3; 4 e 5, foram reclassificadas para então compor os resultados difusos, essa classificação pré-determinou as características de atratividade através de um valor difuso atribuído.

Uma série de funções de pertinência estão disponíveis para auxiliar neste processo de transformação de valores reais em valores difusos. As premissas de cada função oferecida pelo sistema são diferentes para que a interação do fenômeno e suas variâncias sejam melhor apresentadas, tornando a resposta mais próxima da realidade.

A ferramenta de pertinência *fuzzy* auxilia neste processo para transformação dos dados de entrada a partir da função de pertinência especificada.

As informações impressas nos *pixels* destes *rasters* de entrada representavam os valores maiores - maior pertinência para indicar maior propensão e, os valores menores para indicar menor pertinência dada a menor propensão.

##### 4.3.1 Determinação de funções de pertinência

Pela característica dos dados, que apresentavam a propensão à ocupação através de valores crescentes, utilizou-se a função linear para *fuzzificar* as quatro variáveis de entrada.

A função linear determina valores específicos graduais considerando a classificação de entrada, uma vez que através da atribuição dos pesos de entrada as variáveis tiveram suas classes inseridas no universo difuso, a partir da transformação em valores também crescentes, distribuídos segundo a curva linear crescente, conforme indica o Gráfico 1.

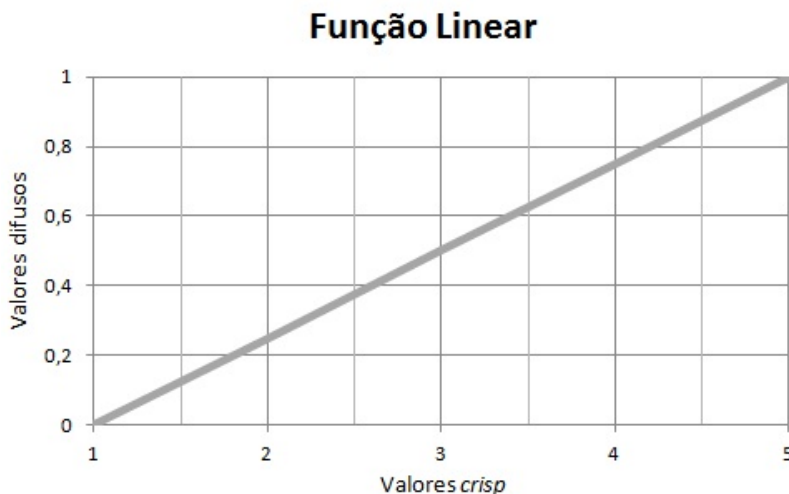


Gráfico 1 - Representação dos valores difusos gerados a partir da função linear.

O eixo “x” do gráfico representado na Figura 13 indica os valores de propensão previamente considerados para fuzzificar as variáveis. Esses valores são chamados ainda de valores “crisp”, ou seja, valores reais, definidos, não difusos.

O eixo “y” indica, de acordo com a curva gerada pela função determinada, os novos valores - difusos - que representaram as classes de cada variável.

Neste sentido, os valores considerados com maior pertinência foram os que se apresentaram mais próximos de 1 e, os que estavam mais próximos do 0 indicavam menor pertinência em relação a cada conjunto - variável *fuzzificada*.

Os conjuntos formados pela função de pertinência escolhida foram representadas visualmente - uma vez que a *fuzzificação* modifica os valores dos pixels - possibilitando a apresentação do resultado nos novos *rasters*

difusos formados. Neste processamento, as quatro variáveis *fuzzificadas* linearmente estão apresentadas na Figura 12:

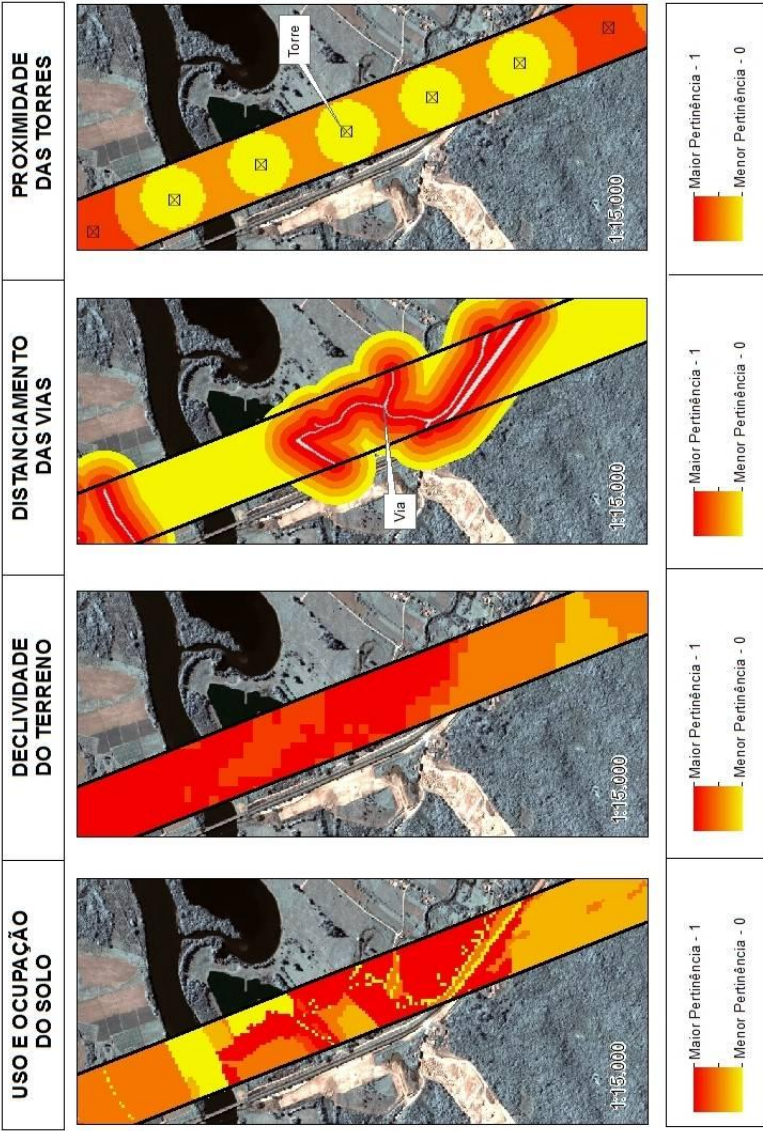


Figura 12: - Representação do processamento difuso para as quatro variáveis a partir da função de pertinência linear.

A representação obtida no processo de fuzzificação determinou os níveis de pertinência em relação a cada variável indicando os locais onde os valores eram mais próximos de 1 – representando maior propensão a ocupação, gradualmente variando até os valores mais próximos de 0, onde há menor propensão.

Com a obtenção das variáveis difusas, a superposição destes dados permitiu espacializar o modelo de propensão final quando unidas todas as variáveis envolvidas na proposta.

#### 4.4 SUPERPOSIÇÃO DOS DADOS DIFUSOS

A partir da geração de dados difusos que representassem as quatro variáveis do modelo proposto, buscou-se uma forma de congregar estes planos de informação para que fosse gerado apenas um resultado indicando a propensão difusa para o trecho de estudo.

O procedimento teve por premissa apresentar os locais com maior possibilidade de pertencer – ou seja, com maior pertinência ao tema propensão devido à combinação dos conjuntos formulados.

Para que fosse possível analisar a interação entre os conjuntos, utilizaram-se técnicas de superposição fazendo com que as variáveis fossem combinadas através de operadores difusos pré-definidos que representassem a interação entre estes membros.

Cada um dos operadores estabelece um tipo de relacionamento entre os *pixels* de cada variável *fuzzificada* gerando apenas um resultado final dessa superposição.

A superposição, além de determinar a pertinência de cada variável, também analisa as relações entre os membros dos conjuntos. Cada abordagem fornece um aspecto diferente conforme a pertinência de cada célula - *pixel*.

##### 4.4.1 Determinação dos operadores

A determinação do grau de propensão do modelo proposto se baseou na aplicação do operador *soma difusa* que graduou a área de estudo conforme a interação entre as variáveis de entrada *fuzzificadas*.

O tipo de sobreposição *soma difusa* adiciona os valores difusos de cada conjunto na localização da célula pertencente. O modelo resultante é uma função de combinação linear crescente que se baseia no número de critérios inseridos na análise.

A *soma difusa* não é uma soma algébrica, o princípio se baseia na importância das variáveis combinadas em relação a qualquer variável única, valorizando o arranjo das classes determinadas no modelo proposto.

Ao adicionar os valores de pertinência das variáveis sob a perspectiva da *soma difusa* o modelo assume a entrada mais favorável, não necessariamente o local mais adequado, visto que apresenta o resultado em níveis de pertinência para a propensão.

A superposição dos dados *fuzzificados* a partir de um operador determinado finaliza o processamento, gerando o produto fonte a ser analisado que identifica as maiores pertinências - maior propensão - possibilitando análises do fenômeno de estudo conforme a combinação dos níveis de informações.

Para representação do modelo proposto utilizaram-se recursos de cartografia temática para auxiliar na identificação dos locais mais vulneráveis à ocupação segundo os critérios propostos.

A Figura 13 ilustra o modelo final obtido da superposição das variáveis *fuzzificadas* indicando os locais que apresentam maior propensão à invasão pelo operador *soma difusa*.

A proposta informa o grau de propensão para cada ponto mapeado, a gradação de cores facilita o entendimento e consequentemente a tomada de decisão dos usuários do modelo frente à representação escolhida onde os valores mais próximos de 1 indicam máxima propensão e os valores mais próximos de 0 que indicam mínima possibilidade de propensão.

No modelo gerado nota-se que as classes de propensão possuem grau de pertinência a partir de "0,25", descartando a possibilidade de existir algum ponto do trecho que segundo as variáveis utilizadas não caracterizem nenhuma propensão gerando o valor "0". Ou seja, no modelo difuso gerado não foi obtida classificação indicativa que não há no trecho nenhum ponto que não possua pertinência em relação à propensão.



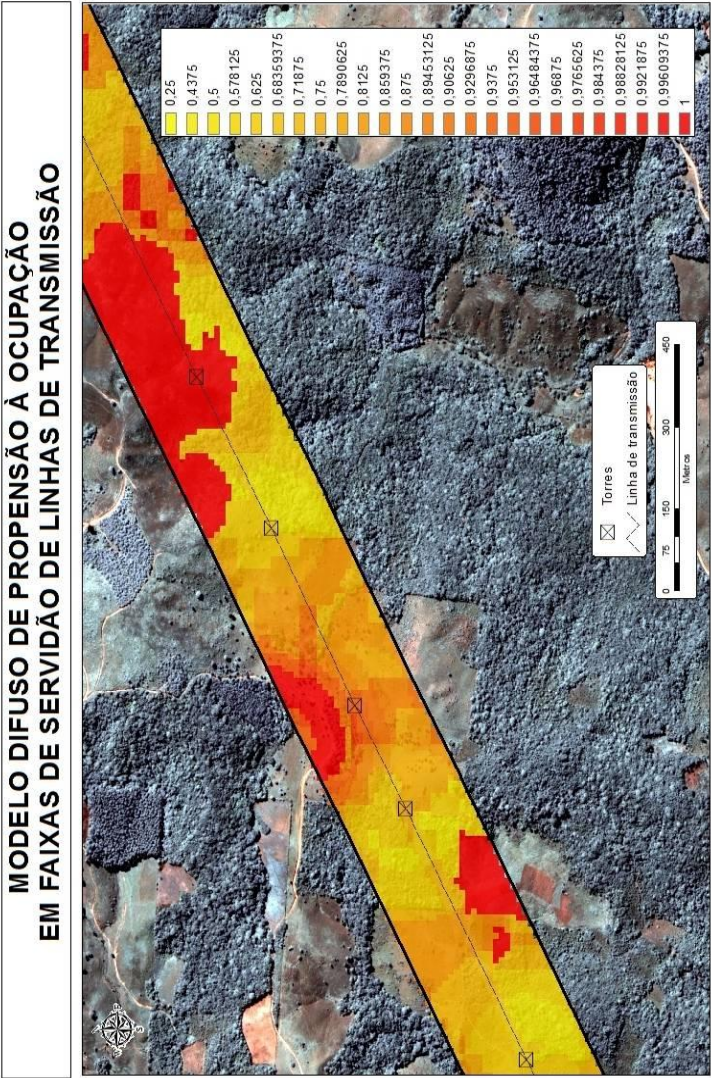


Figura 13 - Representação do modelo difuso de propensão à ocupação em Faixas de Serviço de Linhas de Transmissão.



## **CAPÍTULO 5**

### **5 RESULTADOS E ANÁLISES**

#### **5.1 FINALIDADE DA PROPOSTA**

A proposição de um modelo que auxilie principalmente na prevenção de invasão em Faixas de Servidão de Linhas de Transmissão tem por princípio subsidiar análises mais efetivas por meio de um produto de fácil entendimento dos técnicos das concessionárias para que proporcione uma tomada de decisão mais acertada.

Os extensos trechos de transmissão configuram um dos grandes impedimentos para que seja realizado um monitoramento específico com intuito de evitar a consolidação de edificação irregulares.

Diferentes pesquisas neste sentido, a citar o estudo de Vulnerabilidade para um Parque Estadual apresentado por Louzada et al (2009), têm buscado prever determinadas situações dentro de cenários por meio de um arranjo de condicionantes mapeadas a fim de subsidiar análises e ações mais acertadas em um determinado tema.

O modelo gerado – a partir do mapeamento das variáveis julgadas necessárias e adequadas – compõem a base para análise, segundo a proposta apresentada, de modo a subsidiar planos e ações específicos em função da resposta alcançada. A eficiência do modelo gerado é garantida pela relevância das variáveis consideradas, precisão do mapeamento e do método a ser utilizado para unir estas informações.

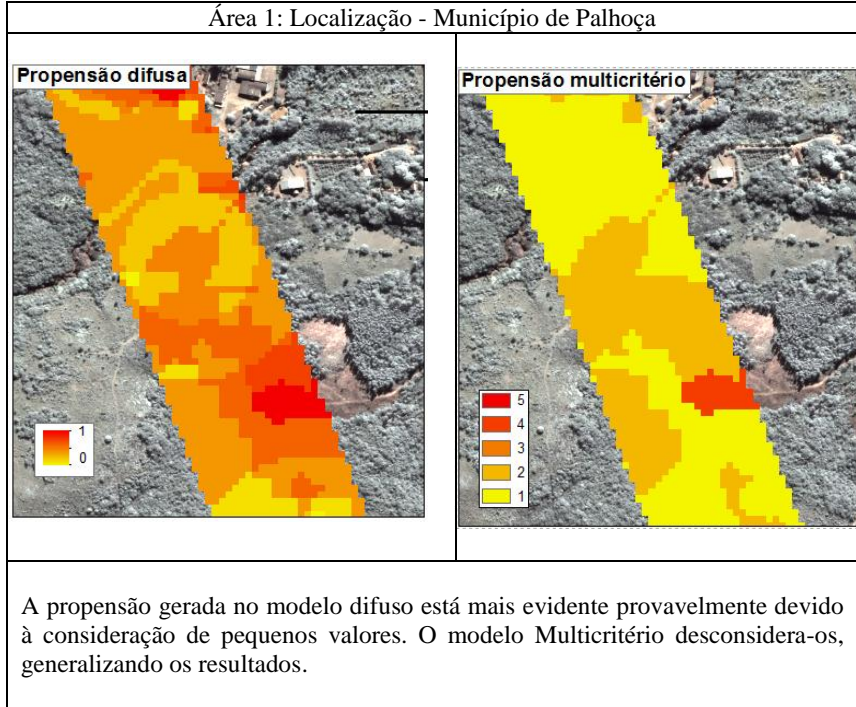
Para a determinação da propensão em Faixas de Servidão foi proposto um modelo difuso para indicar as áreas que necessitam de maiores cuidados frente ao arranjo das variáveis consideradas.

Este modelo teve como base uma proposta multicritério realizada anteriormente pela Concessionária em parceria com universidades, apresentado também por Cucco (2009) que, segundo suas premissas, buscou graduar as áreas da Faixa de Servidão com maior propensão à ocupação.

As duas propostas basearam-se nas mesmas variáveis, porém, sob perspectivas diferenciadas e processamentos distintos de modo a permitir uma breve análise comparativa entre os resultados alcançados.

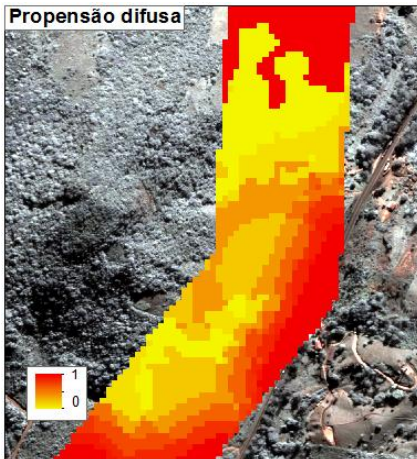
A proposta multicritério se baseia em classificações e operações matemáticas específicas que contabilizam os valores previamente atribuídos. A proposta difusa modifica a classificação dos dados de entrada formulando diferentes níveis para determinar as classes que representam as variáveis.

Essa determinação se baseia em funções de pertinência específicas que estabelecem novas classes geradas sob a perspectiva dos valores entre 0 e 1 para indicar a gradação entre estar propenso à ação de invasão e não estar propenso. O Quadro 3 apresenta as diferenças obtidas em alguns pontos comparados ao longo do trecho de estudo.

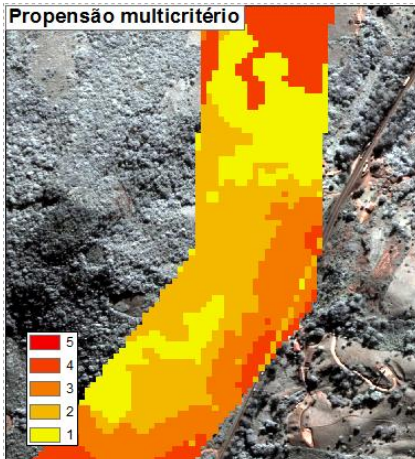


### Área 2: Localização - Município de Paulo Lopes

**Propensão difusa**



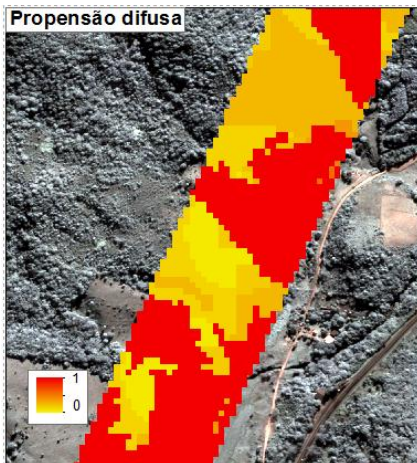
**Propensão multicritério**



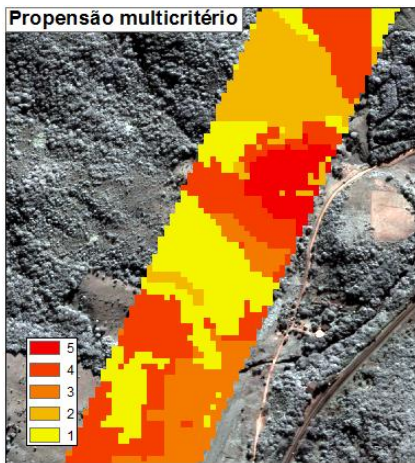
A representação do resultado Difuso indica gradação em níveis próximos. Destaca-se a minuciosidade do modelo indicando diferentes graus de propensão.

### Área 3: Localização – Município de Garopaba

**Propensão difusa**

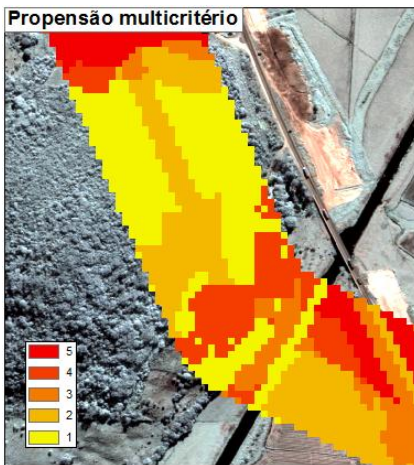
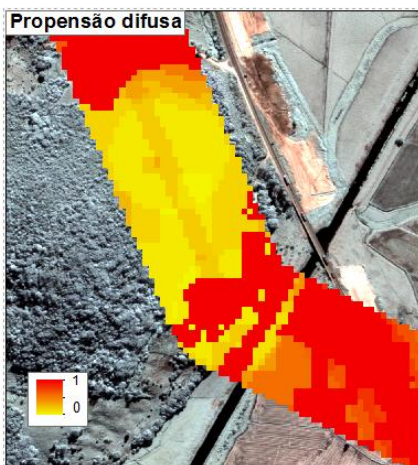


**Propensão multicritério**



Nesta área analisada a localização das manchas de baixa propensão é semelhante nos dois modelos, mas consideram outros valores de representação. No modelo Difuso a representação depende de maior ou menor relevância no tema considerado no processamento final devido à aplicação de valores não exatos. No modelo Multicritério os menores níveis são generalizados pelo valor 1.

#### Área 4: Localização - Município de Imbituba

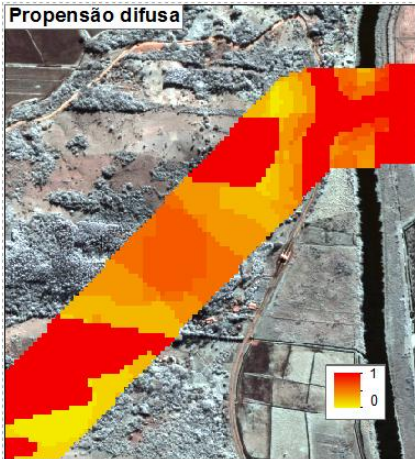


A generalização neste ponto segmenta os níveis obtidos no modelo Multicritério estabelecendo um valor único para representar diferentes níveis próximos. No modelo Difuso a representação indicou a área mais propensa devido à consideração das menores variações – menos representativas, mas não menos importantes no modelo.

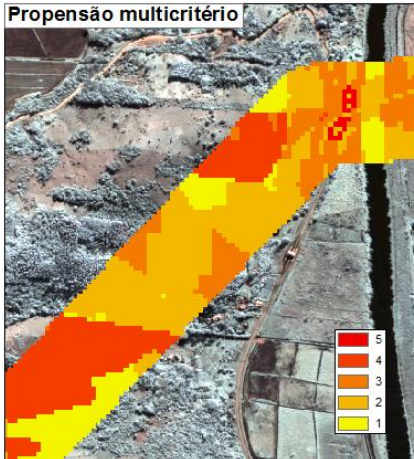


### Área 5: Localização - Município de Imaruí

**Propensão difusa**



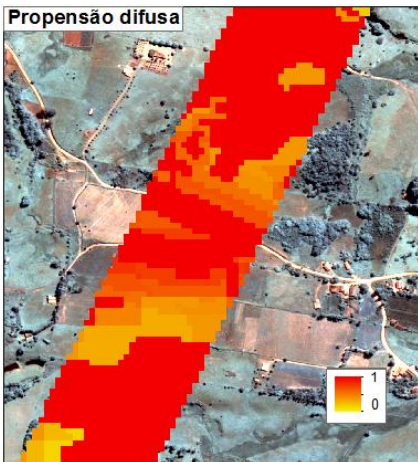
**Propensão multicritério**



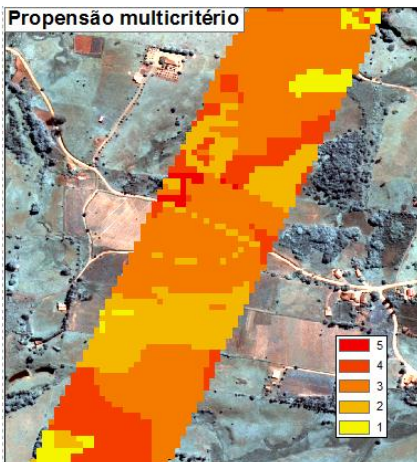
E possível destacar algumas regiões mais críticas indicadas no modelo Difuso. No modelo difuso verifica-se “lentamente” aumento ou diminuição da propensão.

### Área 6: Localização - Município de Laguna

**Propensão difusa**

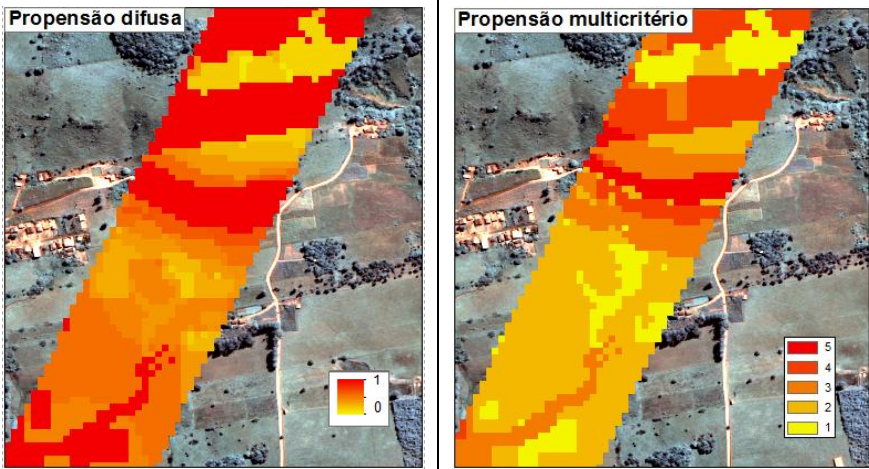


**Propensão multicritério**



Neste local é possível corroborar o afirmado anteriormente devido aos valores mais minuciosos apresentados. Além disto, esta situação caracteriza maior proximidade com a realidade devido aos intervalos não abruptos e, por considerar qualquer alteração nos valores, reduzindo as chances de generalização.

Área 7: Localização - Município de Capivari de Baixo



Nesta área determinam-se as mesmas condições onde um modelo multicritério dificulta uma análise mais real devido à classificação generalizada. No modelo Difuso a propensão é representada com utilização de diferentes níveis para indicar a propensão de determinado local em relação às variáveis estudadas, alcançando resultados mais precisos.

Quadro 3 – Comparativo dos resultados finais dos métodos aplicados: difuso e multicritério.

Ambos os modelos gerados se apóiam na representação visual - por meio da cartografia temática – aplicação de padrões de representação para fornecer as informações geradas a partir dos processamentos utilizados, representando os resultados obtidos quando comparados os modelos.

Acerca da análise visual dos pontos selecionados, verificam-se as diferenças nas informações obtidas visto que no modelo multicritério o resultado e a base de todo processamento se apresentam em cinco níveis determinados.

Esses níveis gerados desconsideram pequenos resultados aproximados de modo que há generalização na classificação - para que se enquadre nas classes pré-definidas, o que favorece a ocorrência de erros ou falta de aproximação da realidade.

No modelo difuso a determinação dos valores depende da função de pertinência utilizada, que classifica conforme os dados de entrada as classes geradas em valores graduais. Os valores gerados indicam a possibilidade de exercer propensão ou não em relação ao tema de estudo, considerando valores intermediários gerados.

A contribuição da teoria difusa se vale justamente pela classificação dos temas mapeados em níveis gradativos, representados por conjuntos de valores que indicam a pertinência do evento para cada grupo de classe pré-definida, tornando a classificação mais precisa e condizente com a realidade.

Em linhas gerais essa é a principal diferença entre os modelos obtidos através do processamento em diferentes níveis de informações sob premissas distintas.

É importante considerar que a avaliação aqui indicada baseia-se na representação obtida por meio da aplicação do método proposto - modelo difuso, e do método anteriormente realizado pela concessionária - multicritério, considerando a visualização das informações geradas.

No modelo difuso é possível indicar a propensão em valores mais aproximados da realidade dado que a informação considera a possibilidade de atender ou não - e os níveis intermediários - o tema de estudo, desta forma, a propensão ficou mais evidente nesta proposta em relação à multicritério.

A formulação do mapa da maneira como foi indicado permite a avaliação da situação do trecho estudado indicando os locais onde devem ser revistas as ações que tem por objetivo conter futuras invasões.

A resposta alcançada, validada pela precisão dos dados de entrada, é resultante da reclassificação destas variáveis a partir da amplitude das possibilidades no modelo proposto.

A união destas informações em sistemas difusos torna mais próximos e factíveis os resultados obtidos e apresenta-se como opção mais apropriada para determinar estes locais mais sensíveis a ocupação, visto que pela

consideração das possibilidades, a indicação dos resultados permite que sejam inferidos os locais propensos com maior acurácia devido à gradação gerada.

A elaboração do mapa de propensão sob perspectiva difusa tornou possível distinguir os locais que estão mais vulneráveis por meio da legenda utilizada - maior representatividade visual que os valores gerados, pois permite que a concessionária verifique o nível de propensão ou suscetibilidade à invasão conforme os arranjos das variáveis na área de estudo.

A escolha por uma gradação de cores que tende do verde para o vermelho, demonstrando os níveis de propensão, foi utilizada para melhor exibir a situação atual do ambiente que está num nível de preocupante vulnerabilidade, visto que grande parte do trecho encontra-se com altos valores de propensão.

As áreas que tendem ao vermelho são justamente aquelas que estão mais propensas à ocupação visto a combinação entre as classes mais suscetíveis de cada variável.

As áreas mais claras, em tons de amarelo, apresentam menor propensão demonstrando que a combinação das classes das variáveis, em algum ponto, não favorece a ocupação.

A partir da representação obtida no modelo difuso foi possível quantificar para todo o trecho as áreas de maior propensão.

O Gráfico 2 apresenta os valores obtidos em porcentagem. O valor “1” indicativo de completa pertinência foi expressiva em mais da metade do trecho.



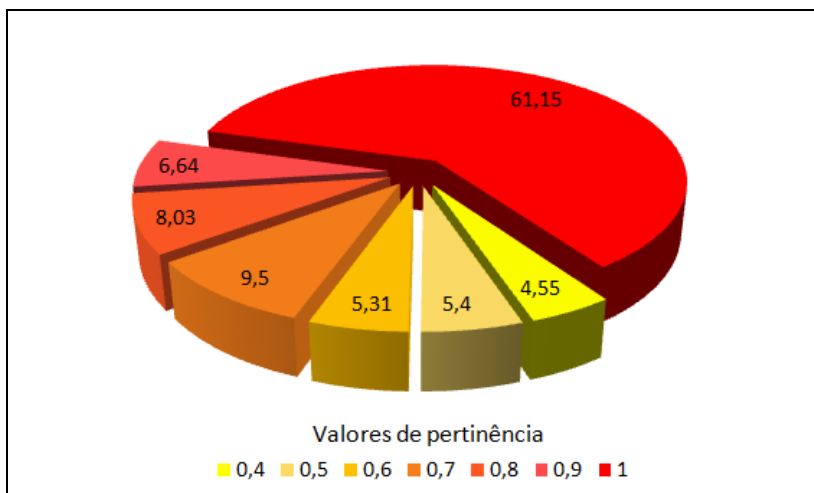


Gráfico 2: Apresentação das porcentagens indicativas para as classes obtidas no processamento difuso.

A partir do modelo difuso gerado e deste quantitativo, a concessionária tem subsídios para avaliar as condições do trecho no tocante à propensão à invasão.

Ações específicas voltadas aos locais sensíveis podem ser definidas por meio da interpretação do modelo de propensão e aplicadas para que surtam efeito contra as invasões, maior preocupação das concessionárias envolvendo a gestão da Faixa de Servidão.

## 5.2 PROCEDIMENTOS CORRETIVOS ESPECÍFICOS DAS CONCESSIONÁRIAS

Frente à situação de invasão já conhecida pelas concessionárias, muitos procedimentos são aplicados na tentativa de restabelecer a integridade da Faixa de Servidão, ou seja, mantê-la livre de ocupações que possam prejudicar o sistema elétrico e suscitar riscos à população ali residente.

A falta de monitoramento conforme discutido anteriormente explica o elevado número de invasões nos trechos de transmissão de diferentes

concessionárias, principalmente nos trechos que transmitem energia aos grandes centros.

A concessionária CTEEP afirma que para o primeiro semestre de 2010 haviam cerca de mil ocorrências pendentes de invasão nos trechos de sua concessão, sendo que em 60% dos casos haviam riscos diretos sobre a população invasora, e aproximadamente 10% representavam riscos de desligamento da Linha. (LAVANDOSKI, 2010).

Para equacionar esta situação e recuperar a segurança da Faixa de Servidão quando da detecção de invasão, cada concessionária segue um determinado procedimento jurídico quando da confirmação de invasão da Faixa de Servidão.

A Eletrosul, por meio do setor de Patrimônio, encaminha o caso através de processo administrativo ao setor jurídico para que se tomem as providências cabíveis frente a esta situação de invasão. De modo geral, notifica-se aos invasores a situação irregular; no caso de insucesso da notificação, gera-se um boletim de ocorrência policial.

A Concessionária SPFL, em seus procedimentos, solicita assessoria jurídica apenas quando do insucesso da notificação. Quando da identificação da irregularidade, é procedimento da equipe de manutenção gerar material fotográfico, bem como localizar a ocorrência por meio de croqui e, se possível, levantar informações do responsável.

Com estas informações, a equipe reporta o ocorrido ao setor de Patrimônio, que busca os arquivos de indenização da linha de transmissão para certificação de que no momento da construção da linha foi instituída a servidão administrativa sobre a parcela, devendo, portanto, serem cumpridas as restrições da Faixa de Servidão.

A concessionária CEMIG determina que a utilização/construção indevida na Faixa de Servidão seja desmanhada por ação de desforço imediato. Caso não haja êxito nesta ação, notifica-se o invasor e uma ação judicial é movida para a reintegração de posse.

Os procedimentos relacionados às invasões, conforme indicado pelas concessionárias, são corretivos, mas há de se destacar a utilização dos recursos computacionais para armazenamento de dados acerca do ocorrido, que tem por princípio organizar as ocorrências e acompanhar o desenvolvimento das ações do processo de remoção da irregularidade.

Um exemplo de descritivo sobre os processos de invasão da Concessionária CTEEP segue na Figura 14 indicando as planilhas eletrônicas utilizadas para armazenamento das informações sobre as ocorrências de invasões.

Nome da linha de Transmissão	Tramo ou intervalo	Tipo da Edificação na faixa de servidão	Ações empreendidas pela concessionária para solução do problema
LT 138 KV SE TANQUINHO - SE Colonial	Entre as Estruturas - 26 - 01 e 26 - 02	Comercial	Notificação ao Proprietário
LT 69 KV SE PIRACICABA - SE CARIOBA	Entre as Estruturas - 27-02 e 27-03	Comercial	A Notificar Prefeitura Municipal
LT 138 KV US CARIOBA - STA BARBARA CTEEP 1-2	Entre as Estruturas - 06-04 e 07-02	Comercial	Notificação ao Proprietário
LT 138 KV STA BARBARA CTEEP - US CARIOBA	Entre as Estruturas - 03-01 e 03-03	Comercial	Notificação ao Proprietário
LT 138 KV SE PIRACICABA - SE Salinho	Próximo à Estrutura - 01 - 02	Comercial	Contato com a CONSTRUTORA
LT 138 KV SE NOVA APARECIDA - SE VIRACOPOS	Entre as Estruturas - 34 - 01 e 35 - 03	Comercial	Notificação à empresa
LT 138 KV Us CARIOBA - SE NOVA APARECIDA	Entre as Estruturas - 20-01 e 20-02	Comercial	Notificação à Empresa
LT 138 KV Ramal SE AMERICNA	Entre as Estruturas - 02-01 e 02-02	Comercial	Notificação ao Proprietário
LT 69 KV SE TANQUINHO - SE TREVO	Entre as Estruturas - 10-01 e 10-02	Comercial	Notificação ao administrador do Condomínio
LT 138 KV SE PAINEIRAS - SE TREVO	Entre as Estruturas - 02-05 e 03-01	Comercial	Notificação ao proprietário
LT 138 KV SE SANTA BARBARA CTEEP - SE PIRACICABA 1-2	Entre as Estruturas - 05-04 e 05-05	Comercial	Notificação à empresa

Figura 14 – Tela de acompanhamento dos dados de invasão da Concessionária CTEEP. Fonte: CTEEP, 2010.

À medida que o sistema de banco de dados especializado é implementado para atender esta demanda, encontram-se subsídios para interpretar os locais acometidos e que podem sofrer reincidência, tornando-se, portanto, uma informação valiosa para ações de prevenção.

A utilização de banco de dados ainda potencializa as análises quando determinadas informações sobre localização, porte e tipo de invasão são consideradas para facilitar a identificação das evidências que favoreceram a ocorrência.

Essas informações atreladas ao modelo difuso gerado, podem somar à proposta possibilitando melhores resultados para a gestão da faixa de servidão no que diz respeito à prevenção às invasões, uma vez que os trechos de transmissão são muito vulneráveis.

Essas considerações ficam a título de complementação da proposta uma vez que, baseando-se em informações extraídas do modelo difuso é possível estabelecer procedimentos voltados à prevenção de invasão.

### 5.3 PROPOSIÇÕES PARA PREVENÇÃO

A implementação de medidas que visam a preservação da faixa de servidão, livre de danos e utilizações indevidas, deve contemplar tanto o âmbito interno da empresa quanto externo - relação com a população.

As ações internas destacadas em DNAEE/MME (1997) compreendem, em suma, reuniões periódicas e capacitação para as equipes de manutenção e demais equipes de campo em relação à comunicação e relacionamento com a população.

Contempladas nas ações externas estão campanhas e comunicações diretas entre a concessionária e a comunidade para esclarecimento sobre os cuidados exigidos pela linha de transmissão e pela Faixa de Servidão.

As ações externas já praticadas para conter ocupações e manter a Faixa de Servidão de acordo com as premissas de segurança envolvem principalmente a execução de ações específicas, a exemplo de plantação agrícola de espécies permitidas em caráter comunitário, blindagem verde, que consiste no controle de vegetação para evitar acidentes em decorrência de contato com os cabos e campanhas de conscientização contra queimadas.

A proposta de horta comunitária é permitida para plantio que não infrinja as normas de segurança descritas no manual da Concessionária e

pode ser aceita após análise de projeto por parte da equipe técnica da empresa.

Se aprovado o projeto, a comunidade torna-se parte ativa do mecanismo de contenção de invasões. Desta forma, a população que participa destas iniciativas conscientiza-se quanto à não utilização das áreas de Faixa de Servidão para fins não permitidos e que contrariem as normas de segurança, atuando contra as ocupações em conjunto com a Empresa. A Figura 15 apresenta um exemplo de horta em caráter comunitário aplicado em um trecho de concessão da CTEEP.



Figura 15 - Trecho de transmissão com plantio em caráter comunitário. CTEEP (2010).

A Blindagem Verde consiste na substituição permanente da vegetação da faixa de servidão da LT composta muitas vezes por gramíneas de porte elevado, por adubos verdes de porte baixo, diminuindo as chances de incêndios. (Cooper et al., 2005). A Figura 16 apresenta um trecho da concessionária CTEEP onde foi aplicada a blindagem verde.



Figura 16 - Trecho de concessão da concessionária CTEEP onde foi aplicado o princípio da blindagem verde. CTEEP (2010).

Com a mesma finalidade de prevenção, a campanha contra queimadas consiste em esclarecer os riscos implícitos nesta prática e tem por princípio impedir que ela seja aplicada principalmente próximo a trechos de transmissão para que seja possível evitar acidentes envolvendo as Linhas de Transmissão e a população ali instalada.

A campanha aplicada pela concessionária CTEEP é realizada anualmente e consiste na distribuição de folhetos alertando a população sobre os riscos da queimada. São utilizados ainda avisos através de rádio local e envio de cartas com o mesmo intuito explicativo, visando informar o maior número de pessoas frente aos perigos impostos pela prática.

#### 5.4 PROPOSIÇÕES DE GESTÃO FRENTE ÀS INVASÕES

Conjuntamente às medidas preventivas, o modelo de propensão proposto tem por princípio facilitar a identificação dos locais mais sensíveis que podem ser facilmente invadidos de modo que seja evitada - ao longo do trecho - a consolidação de edificações irregulares.

Considerando-se a situação real das invasões, tornam-se necessárias ações que tratem da manutenção da segurança na Faixa de servidão no sentido de evitar novas invasões, além de restabelecer os pontos já invadidos.

É juridicamente amparada a remoção de estruturas voltadas à ocupação não permitida nos trechos de transmissão, desta forma, as edificações já consolidadas em imóveis previamente adquiridos pela concessionária devem obedecer a legislação específica que determina a área *non aedificandi* - Faixa de servidão.

Os procedimentos legais baseados nas Resoluções e NBR's quanto à utilização da faixa de servidão, e a reintegração de posse, pois cabe à concessionária restituir a parcela invadida, determinam a remoção das atividades não permitidas.

Quando da efetiva remoção, novas áreas podem ser viabilizadas para realocar estas famílias de modo que sejam determinados locais preferencialmente próximos aos antes ocupados - respeitando a delimitação de segurança da Faixa de servidão.

Este cuidado preza pela identidade da população com o local anteriormente ocupado tornando-se um fator passível de agilizar o processo de remoção das invasões.

Com este intuito, devem ser previamente planejadas ações que envolvam a administração pública por meio de planos e projetos que ofereçam subsídios para a construção de moradias populares para que a população seja realocada adequadamente.

O emprego das imagens de satélite para análise e determinação de novas áreas a serem ocupadas, bem como o mapeamento preciso para o tema do uso e ocupações do solo subsidiam a escolha destes locais aptos a receberem a população.

A área de estudo definida para o mapeamento – 85 metros além da Faixa de servidão de 15 metros para cada lado da torre - contemplou uma área maior, possibilitando, desta forma, que fosse utilizado o mapeamento do uso do solo já realizado para indicar áreas legais que pudessem ser utilizadas com propósito de moradia.

As proposições citadas, a exemplo da utilização de terrenos próximos (não pertencentes à área destinada para a faixa de servidão), surgem como meio de possibilitar que as famílias sejam reinstaladas em locais adequados e que, desta forma, não estejam à mercê de outros tipos de riscos inerentes à ocupação irregular.

Ainda envolvendo a gestão do trecho, o modelo de propensão auxilia na identificação dos pontos mais propensos de modo que se possa intensificar a fiscalização *in loco* e evitar novas invasões e possíveis reincidências.

A aplicação da metodologia difusa, por sua vez, tornou o resultado mais acurado em relação à proposta Multicritério uma vez que permitiu a aplicação de pequenos valores considerando qualquer índice, por menos representativo que pudesse parecer.

Esta premissa peculiar ganha destaque quando o modelo proposto envolve a determinação de riscos, propensão e/ou atratividade, uma vez que evita a generalização dos resultados tornando-os mais confiáveis.



## **CAPÍTULO 6**

### **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A preocupação com o sistema elétrico pelas concessionárias responsáveis em razão da transmissão de energia é resultado da importância de seu acesso por toda a sociedade dada a dependência criada pelas facilidades de diferentes equipamentos.

Os aspectos considerados essenciais para que haja segurança em transmissão de energia são: manutenção do sistema e proteção das estruturas responsáveis pelo “transporte” – ou seja, os cabos que encaminham a energia de um ponto a outro, sustentados por torres metálicas.

Relacionado a isto são determinadas áreas territoriais, faixa de servidão - que tem por premissa manter a segurança sobre este sistema de cabos e torres evitando que estes espaços sejam utilizados para atividades que possam provocar acidentes e prejudicar a transmissão de energia.

Apesar das normas de segurança e dos riscos envolvendo a tensão dos cabos, são detectadas inúmeras ocupações em caráter irregular nas faixas de Servidão.

Mesmo com o conhecimento do problema, não há na maioria das concessionárias um plano específico preventivo para gerir a faixa de servidão voltada à proteção de invasões, são apenas utilizadas medidas e ações voltadas para a remoção das invasões pontuais.

A partir do levantamento do arranjo das características que atraem a ocupação nas faixas de servidão, foi formulada uma proposta para identificar os pontos que merecem maior atenção no sentido de coibir ocupações, visto as condições favoráveis determinadas pelas variáveis consideradas.

O produto gerado, modelo de propensão à ocupação foi viabilizado por meio do mapeamento de quatro diferentes variáveis determinadas por grau de suscetibilidade que foram trabalhados sob a perspectiva difusa.

A proposta identificou em graus minuciosos a propensão de cada uma das classes das variáveis consideradas que, quando trabalhadas em conjunto, formularam o modelo indicativo de propensão determinando os locais tendenciosos à ocupação.

A proposição do modelo teve por princípio gerar um material cartográfico a ser utilizado para subsidiar ações voltadas à prevenção de invasões nos trechos de transmissão, intensificando o monitoramento nos pontos mais críticos, ou ainda, por meio da implementação de medidas que impeçam a utilização da faixa de servidão.

Para a concessionária, o modelo difuso proposto, com as mesmas variáveis envolvidas em um modelo gerado sob o processamento multicritério, amplia os dados da empresa no tocante ao tema, proporcionando comparativos quanto aos resultados alcançados em ambas as propostas, validando a que melhor atender as necessidades de gestão.

A poposta de aplicação da lógica difusa, de acordo com os resultados obtidos, indicam de modo mais específico a propensão para todo o trecho, característica de grande relevância visto que oferece maior acurácia na determinação dos níveis de propensão, tornando o resultado mais próximo da realidade. Deste modo, avalia-se como adequada para aplicação voltada à temática da dinâmica territorial.

Baseado no modelo, as ações propostas obtêm subsídios para serem previamente planejadas, para que com adequado monitoramento, a Faixa de servidão seja mantida livre de ocupações, diminuindo o número de acidentes envolvendo a população instalada irregularmente e mantendo o sistema de transmissão em segurança.

Devido ao diagnóstico das invasões nos trechos de todo país, recomenda-se a continuação de estudos nesta temática para que seja evitada a consolidação inadequada de moradias nestas áreas de risco.

A perspectiva possibilitada pela utilização dos preceitos da lógica difusa nos resultados obtidos merece aprimoramento através de pesquisas em trabalhos futuros para que seja aproveitado seu potencial na gestão de áreas sensíveis à ocupação.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5422 - **Projeto Eletromecânico de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1985.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília. 2002. 153 p.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/historico.cfm>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução nº 259 de 9 de junho de 2003. Estabelece os procedimentos gerais para requerimento de declaração de utilidade pública, para fins de desapropriação ou instituição de servidão administrativa, de áreas de terras necessárias à implantação de instalações de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica, por concessionários, permissionários ou autorizados. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc](http://www.aneel.gov.br/cedoc)>. Acesso em 26 de set. de 2011.

ARAÚJO, Francisco José Costa. **Metodologia Para Avaliação de Impactos Ambientais em Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica**. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27º, 2000, Porto Alegre. 2000. p. 1 - 16. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/vi-023.pdf>>. Acesso em: 03 jun. de 2011.

BARBOSA, Daniele de Alcântara. **Ferramenta de Desenvolvimento e de Aplicação de Lógica Fuzzy**: Área de Automação e Sistemas Elétricos Industriais. 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Minas Gerais, 2005. Disponível em: <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0029451.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2011.

BIONDI NETO, Luiz et al. Sistema Especialista: (Mini-curso). In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 38. Goiânia: 2006. p. 1 - 47. Disponível em: <[www.uff.br/decisao/SBPO%20Fuzy.pdf](http://www.uff.br/decisao/SBPO%20Fuzy.pdf)> Acesso em: 18 de jan 2011.

BORBA, José Alonso; DILL, Rodrigo. Análise da Rentabilidade de Empresas: uma Abordagem Baseada na Lógica Nebulosa (*Fuzzy Logic*). **RAC-eletrônica**, São Paulo, v. 1, n. , p.47-66, 12 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/rac-e>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

BOSCATTO, Flavio; SANTO, Mariane Alves Dal; PERES, Conrado. **Análise da Legislação ambiental na Faixa de Servidão de Linha de Transmissão de Energia no Estado de Santa Catarina**: Resultados parciais do Cadastro da Eletrosul. In: COBRAC, 7º., 2008, Florianópolis. 2008. p. 01 - 10. CD-ROM.

BRASIL. Lei 11.934, de 05 de maio de 2009. Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/Lei/L11934.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/Lei/L11934.htm)>. Acesso em 14 de ago. de 2011.

BRASIL. Resolução nº 006, de 16 de setembro de 1987. Ministério do Meio Ambiente, CONAMA. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res0687.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res0687.html)>. Acesso em 28 abr. 2011.

BRASIL. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Ministério do Meio Ambiente, CONAMA. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23798.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23798.html)>. Acesso em 13 maio 2011.

BUBNIAK, Mauro José. **Critérios de Projeto e Operação para Linhas de Transmissão em Áreas urbanas**: A Experiência da Copel. In: ENCONTRO NACIONAL DE INVASÕES DE FAIXAS DE SERVIDÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO. Pernambuco. 2010. p. 1 - 35. CD-ROM.

BURROUGH, Peter e MCDONNELL, Rachael. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford, 1998.

CAMPOS, Ubirajara Sampaio de; et al. **O Uso de Imagens Georreferenciadas para a Gestão de Uso e Ocupação de Faixas de Linhas de Transmissão**. São Paulo. 6 p. Disponível em: <[http://www.cteep.com.br/port/institucional/artigos/Artigo\\_A5.pdf](http://www.cteep.com.br/port/institucional/artigos/Artigo_A5.pdf)> Acesso em: 18 de out. 2011.

CAVALCANTE, José Aparecido; QUEIROZ, Tiago de Mattos. **Experiências CPFL**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE INVASÕES DE FAIXA NAS LINHAS DE TRANSMISSÃO. Recife. 2010, p. 1 - 19. CD-ROM.

COELHO, Leandro dos Santos; ALMEIDA, Otacílio; COELHO, Antonio Augusto. Projeto e Estudo de Caso da Implementação de um Sistema de Controle Nebuloso. **Revista Controle & Automação**, São Paulo, v. 14, n. 1, p.20-29, 10 jan. 2011. Disponível em: < [http://www.fee.unicamp.br/revista\\_sba/](http://www.fee.unicamp.br/revista_sba/)>. Acesso em: 19 de mar. 2011.

COOPER, Miguel et al. **Blindagem Verde: Alternativa para Manutenção Definitiva da Faixa de Passagem da LT em Situações Complexas ou de Risco**. São Paulo: [2005]. 4 p. Disponível em: <[http://www.cteep.com.br/port/institucional/artigos/Artigo\\_0068\\_022\\_2004.pdf](http://www.cteep.com.br/port/institucional/artigos/Artigo_0068_022_2004.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2011.

CTEEP. COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERIA ELÉTRICA PAULISTA (Brasil). **Linhas de Transmissão**. Disponível em: <<http://www.cteep.com.br/port/institucional/negocio/linhas.asp>>. Acesso em: 15 de nov. 2010.

CUCCO, Julia. **Implicações sobre ocupações irregulares no entorno da linha de transmissão de energia elétrica**. 2009. 139 f. TCC (Graduação) - Departamento de Geografia, UDESC, Florianópolis, 2009.

DAMASCENA, Mário Sérgio de Medeiros. **Normas Técnicas CEMAR: Serviços Topográficos**. Brasil. 2007. 57 p. Disponível em: < [www.cemar-ma.com.br/normas/arquivos/et-05.300.00.pdf](http://www.cemar-ma.com.br/normas/arquivos/et-05.300.00.pdf)> Acesso em: 10 de fev. 2011.

DNAEE/MME. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Ministério das Minas e Energia. **Sistema de gestão sócio-patrimonial**. Brasília, 1997. (88 p.) CD-ROM.

ELETROSUL – CENTRAIS ELÉTRICAS DO SUL DO BRASIL S.A. **Geotecnologias Aplicadas à Gestão de Uso e Ocupação de Faixas de Linhas de Transmissão**. Florianópolis. 2007. 20 p. CD-ROM.

ELETROSUL – CENTRAIS ELÉTRICAS DO SUL DO BRASIL S.A. **Metodologia para Avaliação de Servidão de Passagem Aérea de Cabos Condutores em Linhas de Transmissão**. Florianópolis, 2006. 17 p. CD-ROM.

ELLIOTT, Peter; WADLEY, David. The Impact of Transmission Lines on Property Values: Coming to Terms with Stigma. **Property Management**, Austrália, p.137-152, 2002. Trimestral. DOI: 10.1108/02637470210428347. Disponível em: <[http://espace.library.uq.edu.au/eserv/UQ:8095/dw\\_pm\\_02.pdf](http://espace.library.uq.edu.au/eserv/UQ:8095/dw_pm_02.pdf)>. Acesso em: 20 de fev. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília. Serviço de Produção de Informação, 1999. 367p. Disponível em <[http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBCs\\_2009.pdf](http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBCs_2009.pdf)> Acesso em: 22 de mar. 2011

ESRI – Environmental Systems Research Institute (Estados Unidos). **What's new in ArcGIS 10**. Tópico de ajuda ArcGIS Desktop 10. Licenciado 2011. CD-ROM.

FERNANDES, José Henrique Machado. **Experiência Internacional sobre o Uso e Ocupação de Faixa de Passagem de Linhas aéreas de Transmissão**. In: ENCONTRO NACIONAL DE INVASÕES DE FAIXAS DE SERVIDÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO. Pernambuco. 2010. p. 1 - 31. CD-ROM.

GOMIDE, Fernando; GUDWIN, Ricardo; TANSCHKEIT, Ricardo. **Conceitos Fundamentais da Teoria de Conjuntos**. Maranhão. [2005] 38

p. Disponível em: <<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin>> Acesso em: 02 de mar 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades:** Censo 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 21 de mar. 2011.

JARLATH, Doyle. **Overhead lines in Ireland:** The value in Cigré. Irlanda [2000]. 23 p. Disponível em: <[http://www.engineersireland.ie/public/cigre/Session2\\_Jarlath\\_Doyle.pdf](http://www.engineersireland.ie/public/cigre/Session2_Jarlath_Doyle.pdf)>. Acesso em: 12 de fev. 2011.

LAVANDOSCKI, Rogério. Gestão de Faixa de Passagem de LT's: **Experiência de Empresa - CTEEP.** In: ENCONTRO NACIONAL DE INVASÕES DE FAIXAS DE SERVIDÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO. Pernambuco. 2010. p. 1 - 22. CD-ROM.

LEÃO, Ruth. **Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.** Ceará. 2009. 38 p. Disponível em: <<http://www.florestarbrasil.com.br/programa/Geracao-e-distribuicao-de-energia-eletrica-no-Brasil.pdf>> Acesso em: 02 de mar. 2011.

LOUZADA, Franciane et al. **Análise de vulnerabilidade do Parque Estadual Cachoeira da Fumaça, ES.** In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 13, 2009, São Paulo, 2009. p. 1 - 5. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/0762\\_0844\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0762_0844_01.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2011.

MARTINS, Alisson Humbert's. **Análise de Produtos Cartográficos no Estudo de Impacto Ambiental de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica:** Estudo De Caso: LT 525 KV Campos Novos – Blumenau (C2). 2007. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MÁXIMO, Venâncio Silvano. **Gestão das Faixas de LTs:** Experiência Eletrobrás Eletrosul. In: ENCONTRO NACIONAL DE INVASÕES DE FAIXAS DE SERVIDÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO. Pernambuco. 2010. p. 1 - 34. CD-ROM.

MONTEIRO, Rodolfo de Souza. **Grupo CEMIG**. In: ENCONTRO NACIONAL DE INVASÕES DE FAIXAS DE SERVIDÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO. Pernambuco. 2010. p. 1 - 59. CD-ROM.

NOBRE, Gustavo Cattelan. **Lógica Fuzzy no impacto da usabilidade de Websites na relação das Empresas de Varejo Eletrônico com seus clientes: O Caso da Blockbuster**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia e Finanças Ibmecc, Rio de Janeiro, 2006.

Disponível em:

<[www.ibmec.br/sub/RJ/files/ADM\\_gustavonobre\\_dez.pdf](http://www.ibmec.br/sub/RJ/files/ADM_gustavonobre_dez.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2011.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. 2001. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em:

<[www.ime.usp.br/~tonelli/verao-fuzzy/neli/principal.pdf](http://www.ime.usp.br/~tonelli/verao-fuzzy/neli/principal.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2011.

PARAIZO, Carlos Lopes Brandão. **Uso da Lógica Difusa no Processo de Decisão de Mudanças em TI**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia e Finanças Ibmecc, Rio de Janeiro, 2007.

Disponível em:

<[www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/dissert.../ADM\\_carlosparaizo\\_jan.pdf](http://www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/dissert.../ADM_carlosparaizo_jan.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2011.

PIETRO, Maria Sylvia Zanella Di. **Direito Administrativo**. 24. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 151 p.

PIRES, Lorena Fornari de Ary. **Gestão Ambiental da Implantação de Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica: Estudo de Caso: Interligação Norte-Sul I**. 2005. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

Disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/GESTAOAMBIENTAL\\_LORENA.pdf](http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/GESTAOAMBIENTAL_LORENA.pdf)> Acesso em: 11 de nov. 2010

PUBLIC SERVICE COMMISSION OF WISCONSIN. (EUA). **Electricity: From Power Plants to Consumers**, [2005]. Wisconsin, 13 p. Disponível



em: <psc.wi.gov/thelibrary/publications/electric/electric09.pdf> Acesso em: 08 de dez. 2010.

RAINES, Gary; SAWATZKY, Don; BONHAM-CARTER, Graeme.  
**Incorporating Expert Knowledge New fuzzy logic tools in ArcGIS 10.**  
 ARCUSER: the magazine for ESRI softwares Users, v. 14, n. 2, Estados Unidos: 2011. Disponível em:  
 <<http://www.esri.com/news/arcuser/0410/fuzzylogic.html>> Acesso em: 18 jul. 2011.

SANTOS, Sílvio Coelho. **A geração hídrica de eletricidade no Sul do Brasil e seus impactos sociais.** Etnográfica (Lisboa), Lisboa, Portugal. v. VII, n.1, p. 87-102, 2003.

SHAW, Ian; SIMÕES, Marcelo Godoy. **Controle e Modelagem Fuzzy.** São Paulo: Edusp, 1999. 165 p.

TANSCHKEIT, Ricardo. **Sistemas Fuzzy.** Rio de Janeiro: 2010. 35 p.  
 Disponível em: <[www.ica.ele.puc-rio.br/files/download.rails?fileId=111](http://www.ica.ele.puc-rio.br/files/download.rails?fileId=111)>  
 Acesso em: 23 de jan. 2011.

VASCONCELOS, Wagner Eustáquio de; LIRA, Carlos Alberto Brayner de Oliveira; TEIXEIRA, Marcello Goulart. Utilização de um Mapa baseado em Lógica Difusa para Avaliação da Exposição à Radiação dos Habitantes da Região Fosfática de Pernambuco. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, 2010, Recife: 2010. Disponível em: <[www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII)> . Acesso em: 02 de dez. 2010.

WOSNY, Guilherme Clasen. **Proposta de base cartográfica para linhas de transmissão de energia elétrica.** 187 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2010.



## **ANEXO I - CD REFERÊNCIAS DIGITAIS**